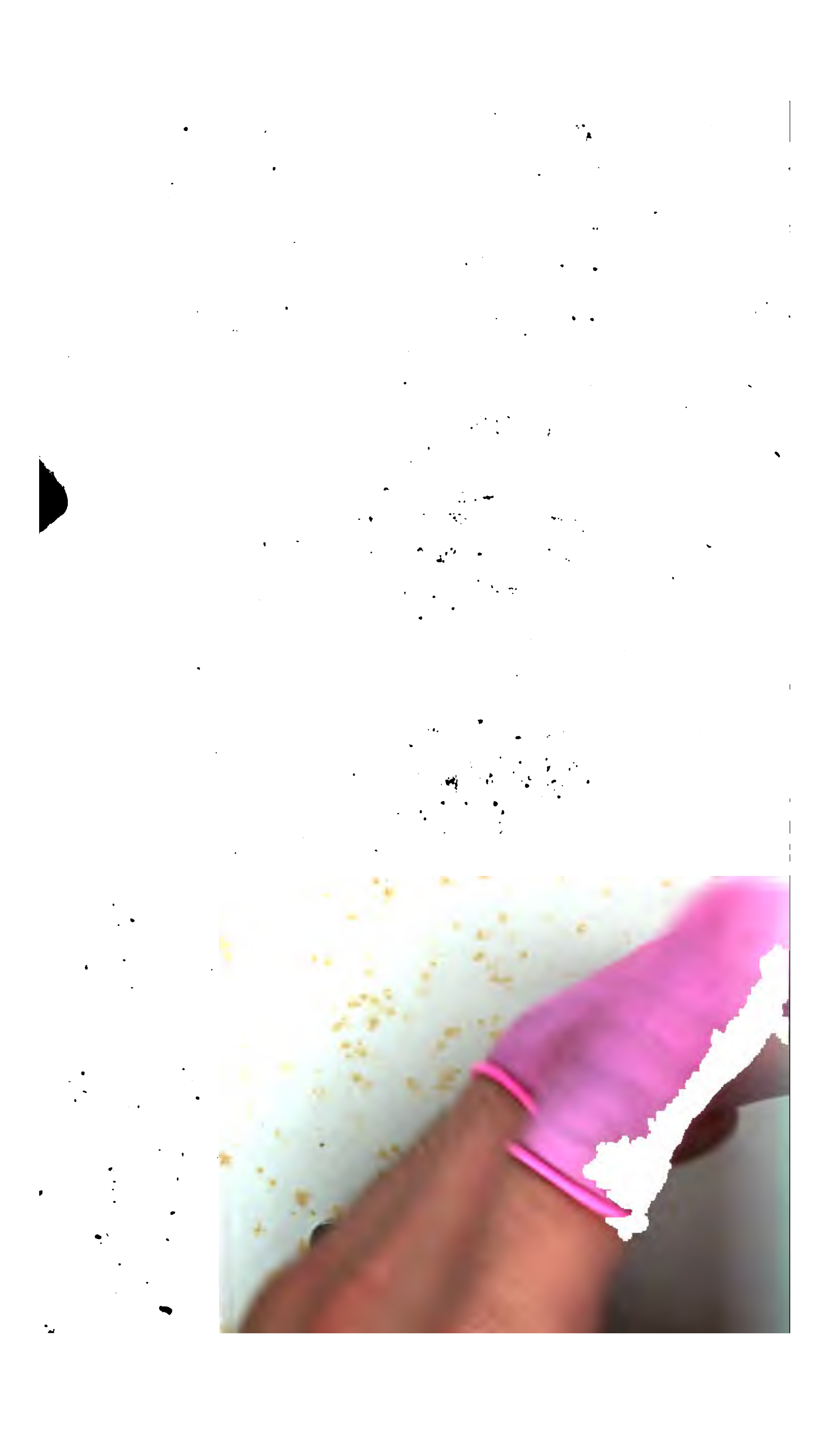






GESCHICHTE

DER

PHYSIK.

VON

J. C. POGGENDORFF.

GESCHICHTE

DER

PHYSIK.

VORLESUNGEN

GEHALTEN AN DER UNIVERSITÄT ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

MIT VIERZIG HOLZSCHNITTEN.





LEIPZIG, 1879.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

Vorwort.

Der verewigte Poggendorff hat viele Jahre hindurch an der Berliner Universität Vorlesungen über die Geschichte der Physik gehalten, deren Veröffentlichung oft gewünscht und auch bei ihm beantragt wurde. Er pflegte jedoch darauf zu erwiedern, dass es ihm an Zeit fehle seine Aufzeichnungen so zu vervollständigen und kritisch zu sichten, wie es seiner Meinung nach für den Druck erforderlich sei. Andererseits aber war er unablässig bemüht, seine Ausarbeitung zu den Vorträgen aus allen ihm zugehenden Quellen zu ergänzen, und jeden Fortschritt sowie jedes Verdienst zur gebührenden Anerkennung zu bringen.

Das von ihm hinterlassene Manuskript enthält die Geschichte der Physik von ihren ersten Anfängen bis zum Beginn des gegenwärtigen Jahrhunderts, und behandelt besonders eingehend die wichtige Periode seit Kopernikus, in welcher der feste Grund gelegt wurde, auf welchem unsere heutige Naturlehre erbaut ist. Das reiche Material, welches mit großser Sachkenntniſs in dieser Schrift verwerthet ist, läſst annehmen, daſs dieselbe bei allen Freunden und Förderern der in Rede stehenden Wissenschaft eine wohlwollende Aufnahme finden, und sich dadurch ihre

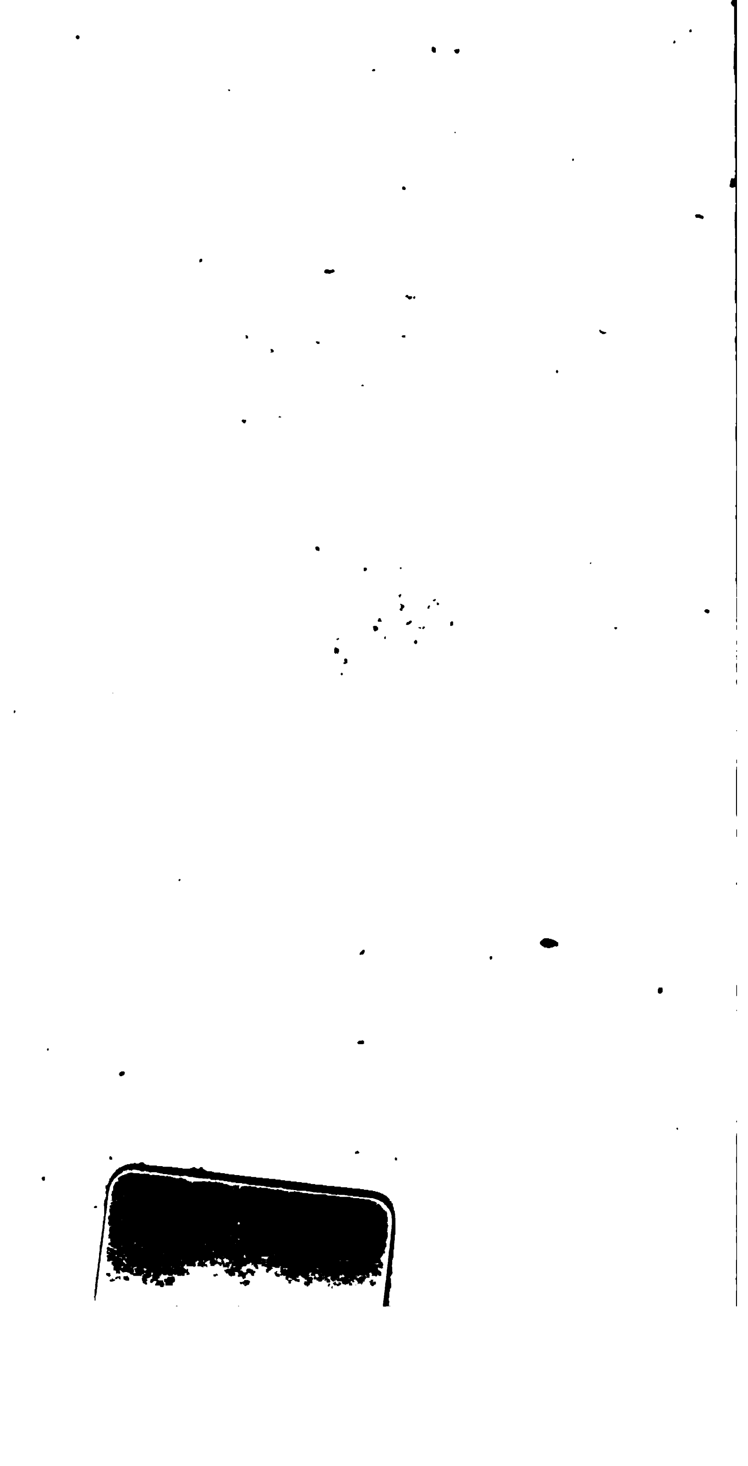
Herausgabe auch in dem vorliegenden Umfang rechtfertigen werde. Es sind bei derselben sowohl Inhalt wie Anordnung des Manuskripts im Wesentlichen unverändert gelassen, auch der Wortlaut ist soweit beibehalten, als es die Einfügung der Zusätze nur irgend zuliefs, welche der Verfasser im Lauf der Jahre nachzutragen für zweckmäfsig befunden hatte. Es kam hauptsächlich darauf an nur Poggendorff's Arbeit zu geben, und den Geist seiner Geschichtsschreibung, sowie die Form seines klaren und ansprechenden Vortrags, dem Werke treu zu bewahren.

Das ausführliche Register am Schlufs wird die schnelle Auffindung der besprochenen Namen und Thatsachen erleichtern.

Berlin im Nov. 1878.

W. Barentin.

Inhalts-Uebersicht.



GESCHICHTE

DER

P H Y S I K.

VON

J. C. POGGENDORFF.

Mit ihm und wesentlich durch ihn beginnt die ächte Naturforschung, die Forschung an der Hand des Experimentes und der mathematischen Analyse, welche, zunächst auf die mechanischen und optischen Zweige der Wissenschaft angewandt, diese in relativ kurzer Zeit zu einer Höhe bringt, welche in **Huyghens** und **Newton** ihren Gipfelpunkt erreicht.

Auch in diesem Zeitraum lassen sich zwei bestimmt markirte Perioden unterscheiden.

Die erste beginnt gegen Ende des XVI. und geht bis an's zweite Drittel des XVII. Jahrhunderts, der Zeit des sichtlichen Verfalls der Wissenschaft in Italien. Man kann diese Periode nicht mit Unrecht die italiänische nennen, da sie in überwiegendem Maſse, wiewohl nicht ausschlieſslich, durch die Leistungen **Galilei's** und seiner Schüler ausgefüllt wird.

An sie schlieſst sich unmittelbar die zweite, worin die übrigen Nationen Europa's anfangen regeren Antheil an der Fortbildung der Physik zu nehmen, namentlich die Engländer und Franzosen, die von nun an den Italiänern das Scepter der Wissenschaft entreiſsen, und lange Zeit fast unumschränkt in Händen tragen.

Die Stiftung der Königlichen Gesellschaft zu London 1662, und die der Akademie der Wissenschaften zu Paris 1666 können als bestimmte Momente des Anfangs dieser Periode angesehen werden.

Der ganze Zeitraum umfaſst etwa 150 Jahre, reicht bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts, wo nach und nach der dominirende Einfluss der **Newton**'schen Schule zu sinken beginnt.

Der vierte und letzte Zeitraum, der bis auf unsere Tage hinabreicht, nimmt seinen unscheinbaren Anfang kurz nach dem Schluſs des dritten, ohne zunächst durch einen groſsen Namen oder durch eine bedeutende Entdeckung bezeichnet zu sein.

Allein im Laufe weniger Decennien tritt seine Richtung und sein Charakter sehr deutlich hervor. Wenn bis

dahin im Ganzen nur die von den Alten gegründeten Lehren (Mechanik und Optik) weiter ausgebildet und ihrer Vollkommenheit entgegen geführt wurden, — so dass man in gewisser Beziehung nicht Unrecht hätte, **Newton** als den Schlufsstein der alten Physik anzusehen — so werden nun allmählich ganz neue Gebiete aufgeschlossen, die Gebiete der Elektricität, des Magnetismus und der Chemie, und es wird dadurch der Wissenschaft ein Reichthum von Thatsachen und Erscheinungen zugeführt, welche ihr, nach den verschiedensten Richtungen hin verfolgt, einen früher gar nicht geahnten Umfang und eine völlig neue Gestalt verleihen.

Erster Zeitraum.

Leistungen der Alten.

1. Wenn von den Leistungen der Alten im Gebiet der physikalischen Wissenschaften gesprochen werden soll, so kommen vorzugsweise und fast ausschliefslich die Griechen in Betracht. Die Römer traten nur sehr vereinzelt und mit geringem Erfolg in ihre Fufstapfen, und was die älteren Völkerschaften betrifft, die Aegypter, Chaldäer und Inder, von denen die Griechen ohne Zweifel die ersten Rudimente ihrer astronomischen Kenntnisse empfingen, so ist uns mit Ausnahme dieser Kenntnisse von ihrem übrigen physikalischen Wissen nichts bekannt. Beobachtungen und Erfahrungen, die wir heutigen Tags dem Gebiet der Physik und Chemie einreihen, haben sie ohne Zweifel gemacht und zu den Zwecken des Lebens verwandt, — wie es noch gegenwärtig bei weit roheren Völkern der Fall ist — aber von einem Erkennen der Thatsachen, von einem Nachdenken über die Ursachen der Erscheinungen zum Behuf der Erklärung derselben, einem Streben, worin grade der Geist des physikalischen Forschens besteht, davon ist uns nichts von ihnen überliefert.

Es ist bemerkenswerth, dafs uns von diesen Völkern auch nicht eine einzige Beobachtung, Entdeckung oder ein sonstiger Fortschritt in der physikalischen Naturforschung bekannt ist, der mit historischer Gewifsheit an ein bestimmtes Individuum geknüpft wäre; alles verliert sich bei ihnen in dem Dunkel der Vorzeit und höchstens sind es mythische Personen, Götter oder Heroen, die darin

als Urheber wichtiger Entdeckungen oder Erfindungen bezeichnet werden. Bestimmte Namen, historische Personen treten in der Geschichte der physikalischen Wissenschaften erst bei den Griechen auf, und merkwürdig genug sind es bis zum Anfang unserer Zeitrechnung nur Griechen, die darin mit Auszeichnung genannt werden können, — im Laufe von 600 Jahren etwa 30 an der Zahl, was allerdings nach heutigem Maſsstabe nicht viel ist.

Auſserdem finden wir noch im fernen Osten ein Volk, die Chinesen, das sich mannichfacher physikalischer Kenntnisse rühmen darf, und zwar rühmen darf dieselben zum Theil früher besessen zu haben als die Völker des Occidents. Indeſs bildeten die Chinesen durch ihre Abgeschiedenheit auf viele Jahrhunderte eine Welt für sich; erst lange nach dem Untergange der klassischen Civilisation im Mittelalter sind ihre Kenntnisse zu den abendländischen Völkern vorgedrungen, zum Theil als diese schon angefangen hatten, sie in einzelnen Dingen zu überholen. Die Chinesen können demnach in diesem Zeitraum mit vollem Recht übergangen werden.

Was nun die Griechen betrifft, so können wir nicht dankbar genug die Leistungen derselben anerkennen. Sie haben die Bahn gebrochen, ein Feuer angezündet, das zwar allmählich erlosch und Jahrhunderte lang nur unter der Asche fortglimmte, das aber dennoch dazu diente im Mittelalter die Geister wieder zu beleben und zu erwärmen. Es ist auſser Frage, daſs das Studium der Schriften der Alten den ersten Impuls zur neueren Naturforschung gegeben hat.

Dies Bekenntniſs darf uns aber nicht verleiten ihre groſsen Fehler und Irrthümer zu übersehen und zu beschönigen. Wir haben das Wort Physik von den Griechen übernommen, aber ihre Physik war doch wesentlich eine andere als die unsrige. Die Physik der alten Griechen, — abgesehen davon, daſs sie andere Gränzen und einen geringeren Inhalt als die heutige besaſs — unterscheidet sich besonders durch die Methode des Forschens von dieser.

Sie beruhte zum Theil, und zwar zum kleineren Theil auf Beobachtungen, zum gröfseren auf Spekulationen.

Im Beobachten, besonders der Erscheinungen in freier Natur, waren sie Meister. Hätten sie bei diesem scharfen Beobachtungsgeist die Mittel gekannt den Sinnen zu Hülfe zu kommen, wären ihnen Fernrohr, Mikroskop, Kompafs, Chronometer, Thermo- und Barometer, kurz die feineren Mefswerkzeuge bekannt gewesen, so würden sie ohne Zweifel bedeutendes geleistet haben. Besonders aber litt ihre Physik an dem grofsen Mangel, dafs ihr das Experiment, dieser tausendfältige Hebel der neueren Naturforschung, so gut wie gänzlich unbekannt war. Mit dem Experimentiren hebt eigentlich die aktive selbstständige Naturforschung erst an; beim blofsen Beobachten sind wir wie passiv auf das beschränkt, was uns die Natur gleichsam zufällig darbietet, wir nehmen nur hin, was sie uns unaufgefordert mittheilt. Beim Experimentiren dagegen stellen wir selbst die Fragen, und wiederholen, verändern, steigern dieselben solange, bis wir endlich eine befriedigende Antwort erhalten haben.

Die Unbekanntschaft der Alten mit der Kunst des Experimentirens, oder die geringe Ausbildung, welche sie bei ihnen erfuhr, ist einer der Gründe, weshalb ihre Physik so sehr zurückblieb. Ein anderer ebenso einflufsreicher Grund lag in dem vorwaltenden Hange zur spekulativen Richtung. Befangen in dem radikalen Irrthum, dafs einige wenige Beobachtungen, noch dazu blofs mit den Sinnen angestellt, hinreichend seien Alles erklärende Theorien darauf zu erbauen, überliefsen sie sich den ausgelassensten Spekulationen, und vernachlässigten den Weg der Erfahrung oft absichtlich. Es ist nicht zu läugnen, dafs sie dabei gar oft Proben ihres grofsen Scharfsinns abgelegt haben, auch in Gebieten, die aufserhalb der Erfahrung liegen, wie das der Mathematik, bedeutendes zu Tage förderten; aber was die Naturforschung betrifft, so haben sie uns den vollgültigen Beweis geliefert, dafs eine Spekulation, die nicht durch die Erfahrung gestützt, geregelt

und gezügelt wird, die unfruchtbarste aller Beschäftigungen ist.

Man hat zwar oft gesagt, daſs in den Natur-Philosophemen der alten Griechen viel Wahrheit enthalten sei; allein man vergiſst dabei, daſs die Alten innerhalb eines gewissen Kreises alles mögliche behauptet haben, und daſs die Richtigkeit der einen oder andern Behauptung nicht aus der Behauptung selbst hervorgegangen, sondern später durch Beobachtungen und Versuche anderer bewiesen worden ist. Es gilt dies namentlich von vielen ihrer Philosophemen über das Weltgebäude.

Wenn man davon absieht, so kann man freilich den Alten manches vindiciren; und wirklich hat es Männer gegeben, die solches in allem Ernst beabsichtigten. So hat der Franzose **Dutens** in seinem Werke *Recherches sur l'origine des découvertes attribuées aux modernes*, *Paris 1766* darzuthun gesucht, daſs alle bis dahin von den Neueren gemachten Entdeckungen schon bei den Alten vorzufinden seien. Wohl zu merken ist indeſs, daſs während **Dutens** in dem Nachweise bekannter Thatsachen bei den Alten so überaus glücklich erscheint, er doch nicht eine einzige neue zu seiner Zeit noch unbekannte bei ihnen aufzufinden weiſs, wie wenn die Alten genau soviel gewuſst hätten und nicht mehr als die neueren Physiker im J. 1766. Es ist **Dutens** ergangen wie dem bekannten Theosophen **Swedenborg**, der bei seinem angeblichen Verkehr mit den Geistern jener Welt sich von diesen höheren Wesen grade nur soviel an Naturgeheimnissen offenbaren läſst, als zu der Zeit jeder andere Erdensohn ebenfalls wissen konnte.

Nach diesen Betrachtungen wollen wir uns nun zu demjenigen wenden, was den Alten wirklich als ein Verdienst um die Begründung der Physik angerechnet werden muſs. Ich will dabei absehen von ihren Hypothesen über die innere Beschaffenheit der Körper, von der Atomlehre, die, wie es scheint, von **Anaxagoras** begründet, dann von **Demokrit** und **Leucipp** unterhalten und endlich von **Epikur** weiter ausgebildet ward. Hypothesen dieser Art stellen

sich beim Forschen über die Natur der Dinge mit einer gewissen Nothwendigkeit dar, und sie haben zu allen Zeiten bis auf den heutigen Tag Vertheidiger und Anhänger gefunden. Es würde mich indeſs zu weit führen, wollte ich erörtern, in wiefern sie unumgänglich seien und was durch sie gewonnen werde. Ich will sie daher jetzt nur im Vorbeigehen anführen, und mich für's Erste zur Experimentalphysik wenden.

In der eigentlichen Physik sind es nur die Mechanik und die Optik, welche die Alten mit Erfolg kultivirt haben; über Wärme, Elektricität und Magnetismus, über akustische Gegenstände haben wir nur ein Paar vereinzelte Beobachtungen von ihnen. Ausgebildeter bei ihnen war die Kenntniſs meteorologischer und physikalisch-geographischer Erscheinungen, wenngleich sie häufig den Zusammenhang derselben nicht erkannten. Am meisten Verdienst erwarben sie sich aber unstreitig um die Astronomie, die sie durch sorgfältige und vieljährige Beobachtungen wahrhaft bereicherten.

Mechanik.

2. Die mechanischen Kenntnisse der Alten sind nur geringfügig und offenbar von Maschinen entlehnt, die sie, wenn auch nur unvollkommen, sehr frühzeitig besaſsen, und zum Theil von den Aegyptern entlehnten.

Von **Archytas** aus Tarent, einem Pythagoräer und Zeitgenossen von **Plato**, 400 v. Chr., wird angegeben, er habe die Rolle und die Schraube erfunden [1]). Auch soll derselbe den ersten Automaten, eine fliegende Taube, verfertigt haben, womit es sich indeſs verhalten mag, wie mit dem Adler, der angeblich dem Kaiser Maximilian I. bei seinem Einzug in Nürnberg 1489 entgegenflog und vom Astronomen **Regiomontan** angefertigt wurde. Es war dies weiter nichts als die Figur eines Adlers, der die ausgebreiteten Flügel bewegen konnte.

---

[1]) Young, A course of lectures on nat. philosophy and the mechanical arts I, 239.

Das Wichtigste in der Mechanik hat unstreitig der auch um die Geometrie so hoch verdiente **Archimedes** geleistet, geb. 287 v. Chr. zu Syrakus, gest. 212 daselbst bei Eroberung der Stadt durch den römischen Feldherrn Marcellus. **Archimedes** kann unbedenklich als der Gründer der Statik und Hydrostatik angesehen werden, denn ihm verdanken wir zwei Fundamentalsätze dieser Wissenschaft:

1) Dafs an einem ungleicharmigen Hebel, wenn Gleichgewicht vorhanden sein soll, die Gewichte sich umgekehrt verhalten müssen wie die Länge der Arme, an denen sie hängen.

Er sah ein, dafs sich auf diese Weise die gröfsten Lasten müssen bewegen lassen, was ihn zu dem bekannten Ausspruch veranlafste: Gebt mir wo ich stehen kann, und ich will die Erde aus ihren Angeln heben. — Dieser Satz führte ihn übrigens auch auf die wichtige Lehre vom Schwerpunkt, dessen Auffindung er auch für einige einzelne Fälle kennen lehrte.

2) Dafs ein Körper bei Eintauchung in Wasser soviel an Gewicht verliert, als das Gewicht des von ihm verdrängten Wassers beträgt.

Archimedes soll diesen Satz beim Baden aufgefunden haben, als er darüber nachdachte, wie der in der goldenen Krone des Königs Hiero vermuthete Silbergehalt ohne Beschädigung derselben zu entdecken sei. Es hatte nämlich nach **Vitruv**'s Erzählung der König Hiero von Syrakus sich eine goldene Krone anfertigen lassen, die ihm von geringerem Golde zu sein schien, als bestellt war, und in Folge dessen **Archimedes** den Auftrag ertheilt zu untersuchen, ob der Verdacht gegründet sei. Wie es sich hiermit auch verhalten haben mag, **Archimedes** machte diesen Satz zur Grundlage der Lehre vom specifischen Gewicht und vom Schwimmen.

Aufserdem verdankt man **Archimedes** noch die Erfindung mancher mechanischen und hydraulischen Maschine, nach dem Zeugnifs der Alten sogar 40. Die bekanntesten

darunter sind der **Flaschenzug**, die Schraube ohne Ende, die Wasserschnecke oder Archimedische Schraube.

Unstreitig ist **Archimedes** auch Erfinder des Aräometers, oder der Senkwage. Man hat zwar diese Erfindung wohl auch der **Hypatia** zugeschrieben, der gelehrten und berühmten Tochter des Philosophen **Theon**, die in Alexandrien Philosophie und Mathematik lehrte, und im J. 415 in einem Auflauf des christlichen Pöbels zu Alexandrien umkam. Es ist dies auf das Zeugniſs des **Synesios**, eines Schülers der **Hypatia** geschehen, der 410 als Bischof von Ptolemais in Libyen starb. Auf seine Meldung, daſs er so unglücklich sei ein Hydroskopium brauchen zu müssen, vermuthlich um die Reinheit des Wassers zu prüfen, empfahl ihm **Hypatia** das Baryllium, ein Aräometer mit willkührlicher Skala [1]). Allein erstlich ist erwiesen, daſs schon der Grammatiker **Rhemnius Fannius Palaemon**, der zu den Zeiten der Kaiser **Tiber**, **Caligula** und **Claudius**, also 300 Jahre früher lebte, in seinem Gedicht *De ponderibus et mensuris* des Aräometers gedenkt, und dann wird in demselben Gedicht auch die Geschichte der Krone des Königs Hiero erwähnt, so daſs er damit förmlich auf den Ursprung der Erfindung hinweist, die **Archimedes** nach Entdeckung des genannten Theorems auch wohl nicht schwer fallen konnte.

Uebrigens hatten die Alten nicht bloſs Kenntniſs von der Verschiedenheit des specifischen Gewichts bei festen Körpern, sondern auch bei flüssigen; sie wuſsten z. B., daſs Wein specifisch leichter als Wasser sei, und Regenwasser leichter als Fluſswasser. Daſs das Regenwasser das leichteste Wasser sei, kommt sogar schon in den Schriften des **Hippokrates** vor (456—366), und des Regenwassers bedienten sich die Alten in späteren Zeiten zur Regulirung der Gefäſse nach dem Gewicht [2]), doch von einer wissenschaftlichen Ausbildung dieser Kenntnisse findet sich bei ihnen keine Spur.

---

[1]) Busch, Handbuch d. Erfindungen I, 187.
[2]) Monatsberichte d. k. preuſs. Akademie 1839, S. 173.

3. Nächst **Archimedes** kommen besonders in Betracht **Ktesibius** und **Hero**, zwei Männer, die ums J. 150 oder 120 v. Chr. zu Alexandrien lebten.

Ktesibius, der Sohn eines Barbiers, soll die Druckpumpe erfunden haben. Er verfertigte ein Druckwerk von ziemlich zusammengesetzter Natur, bestehend aus zwei metallenen Stiefeln, die am Boden Ventile hatten, und mit einer Röhre gemeinschafteten, die zur Aufnahme des Wassers diente, und auch ein Ventil besafs. Solcher Druckwerke bedienten sich später zur Kaiserzeit die Römer als Feuerspritzen, und sie führten den Namen Sipho, ein Name, den man später auf den Heber übertrug.

Jedes Druckwerk setzt nothwendig ein Saugewerk voraus; wenn also auch die Schriftsteller der Alten nicht mit Bestimmtheit von Saugepumpen sprechen, so ist doch klar, dafs dieselben zu **Ktesibius** Zeiten bekannt sein mufsten. Es ist sogar gewifs, dafs kleine Saugepumpen, Handspritzen zu **Aristoteles** Zeiten (384 — 322) bekannt waren, und zu der berüchtigten Lehre vom Horror vacui Veranlassung gaben, die sich bis zu den Zeiten **Galilei**'s in Ansehn erhielt, und den Beweis lieferte, dafs die Alten keine Kenntnifs vom Luftdruck besafsen.

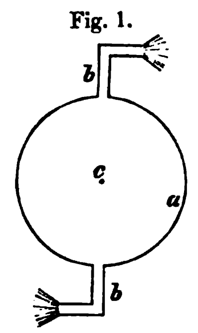
Bemerken will ich hier noch, dafs das, was die älteren griechischen Schriftsteller *ἀντλία* nannten, keine Aehnlichkeit mit unserer Pumpe hatte, sondern ein Schöpfwerk war, ein Rad, von einem Strick umschlungen, an welchem Eimer (*ἀντλίον*) befestigt waren. Es ist das ägyptische (persische?) Wasserrad, von den Alten auch Noria genannt, was in alten Zeiten über ganz Asien verbreitet war, und von den Saracenen nach Spanien gebracht wurde. Eigentliche Pumpen haben die Europäer bei keinem Volke der Welt angetroffen, selbst den Chinesen waren sie unbekannt.

Ktesibius verfertigte übrigens Wasseruhren, Klepsydren, mit gezähnten Rädern, welche vielleicht die ersten Maschinen mit gezähnten Rädern waren, wenn nicht ein von **Archimedes** angefertigtes Planetarium solche Räder besafs; es könnte ja nämlich auch Rollen mit Schnüren gehabt haben. Endlich soll auch **Ktesibius** die Windbüchse

erfunden haben, was, wenn es gegründet ist, beweisen würde, dafs die Alten mit der Zusammendrückbarkeit der Luft bekannt waren.

Bekannter als **Ktesibius** ist **Hero** sein Schüler, Verfasser vieler Werke über mathematische und mechanische Gegenstände, von denen indess nur wenige auf uns gekommen sind. Der Heronsball und der Heronsbrunnen, die Aeolipile, Instrumente, die man noch jetzt in allen physikalischen Kabineten antrifft, haben seinen Namen bis auf den heutigen Tag erhalten. Weniger bekannt ist, dafs ihm auch die erste Anwendung des Dampfes als bewegende Kraft gebührt, freilich noch in einer sehr unvortheilhaften Gestalt; er ist nämlich Erfinder der Reaktionsmaschine, mitunter auch Dampfkreisel genannt, deren horizontalen Querschnitt Fig. 1 darstellt. Eine hohle Metallkugel *a*, die mittelst zweier Zapfen in der Verlängerung ihrer vertikalen Axe *c* sich in einem passenden Lager stützen und drehen kann, trägt an ihrem Umfang mehrere Röhren *b*, *b*, die sämmtlich nach derselben Richtung umgebogen sind. Wird nun eine Flüssigkeit in der Kugel zum Sieden gebracht, so werden die nach allen Seiten drückenden Dämpfe in den Röhren nur nach der offenen Seite hin entweichen, und den Apparat in entgegengesetzter Richtung drehen. **Hero** beschreibt zwei solcher Reaktionsmaschinen, eine mit Dampf, die andere mit erhitzter Luft; aus letzterer erhellt, dafs er die Ausdehnung der Luft durch die Wärme kannte.[1])

Fig. 1.



Alle diese Apparate sind in seinem Werke *Spiritualia seu Pneumatica* beschrieben, in denen auch der Heber vorkommt, der also zu **Hero**'s Zeiten und vielleicht noch früher bekannt war.

Ein anderes in theoretischer und praktischer Beziehung merkwürdiges Werk hat uns **Pappus** hinterlassen, ein

[1]) Annuaire du Bureau des Longitudes 1829.

Mathematiker aus der alexandrinischen Schule des IV. Jahrhunderts unserer Zeitrechnung. Es kommt darin u. A. der berühmte Satz vom Schwerpunkt vor, den später im XVII. Jahrhundert der Jesuit **Paul Guldinus** in seinem Werke *De centro gravitatis, Viennae 1635 bis 41* als eine neue Entdeckung beschrieb, und der noch jetzt gewöhnlich in den Lehrbüchern der Mechanik unter dem Namen der **Guldin**'schen Regel aufgeführt wird (s. § 152). Bei **Pappus** werden auch zuerst die sogenannten 5 mechanischen Potenzen unterschieden: Hebel, Keil, Schraube, Rolle, Rad an der Welle.

In späteren Zeiten finden sich auch Spuren von detaillirteren Kenntnissen in der Hydraulik. So besitzen wir ein Werk *De aquaeductibus* von dem Römer **Julius Frontinus**, 110 n. Chr., in welchem die Bemerkung vorkommt, daſs die Menge des aus einem Gefäſse ausflieſsenden Wassers nicht bloſs von der Gröſse der Oeffnung abhänge, sondern auch von der Höhe des Wasserspiegels im Gefäſse.

4. Im Allgemeinen beschäftigten sich die alten Griechen nur mit der praktischen Mechanik, und sie entwickelten in der Konstruktion von Maschinen vielen Scharfsinn, wovon die angeführten Beispiele schon einige Belege liefern.

Das einzige Werk des Alterthums, welches sich mit den Principien der Mechanik befaſst, ist das von **Aristoteles** unter dem Titel *Quaestiones mechanicae*. Es ist das älteste von allen, denn **Aristoteles**, geb. zu Stagira in Macedonien, lebte von 384—322, also hundert Jahre vor **Archimedes**; allein es ist auch das verfehlteste Erzeugniſs seines berühmten Urhebers. Es hat jedoch eine historische Merkwürdigkeit erlangt durch das groſse Ansehn, welches dasselbe im Mittelalter genoſs. **Galilei** begann seine glänzende Laufbahn damit, daſs er die Unhaltbarkeit der aristotelischen Sätze erwies, die bis dahin oder wenigstens zu seiner Zeit Niemand anzutasten wagte. Ich sage zu seiner Zeit, denn wunderlich genug, wurden früher bis zum XII. Jahrhundert die aristotelischen Schriften für ketzerisch erklärt, sogar verbrannt und ihre Anhänger exkommunicirt.

In dem genannten Werk findet sich zuerst der Satz von der Zusammensetzung der Kräfte, freilich nur für den eingeschränkten Fall, daſs diese Kräfte gegeneinander rechtwinklig seien. Das Werk enthält auch noch sonst verschiedene zwar einfache und richtige Betrachtungen, aber sie liefern uns auch einen Beweis, mit welchen Schwierigkeiten damals selbst sehr hoch begabte Geister in der Erklärung von Erscheinungen zu kämpfen hatten, die uns jetzt kinderleicht erscheinen. **Aristoteles** bildete sich nämlich ein die Luft gewogen zu haben, weil er durch seine Spekulationen zu dem Resultat gekommen war, daſs sie schwer sein müsse. Er wog einen Schlauch einmal ausgedrückt und dann aufgeblasen, und fand ihn im letzten Falle schwerer. Wie kommt es nun aber, fragt er, daſs ein ausgedrückter Schlauch in Wasser zu Grunde geht, ein aufgeblasener, der doch schwerer ist, aber schwimmen bleibt?

Aus diesem Allen erhellt, daſs die mechanischen Kenntnisse der Alten sehr beschränkt waren, was denn auch durch ihre Ansichten vom Weltgebäude fernerweitig bestätigt wird.

Optik.

5. Etwas ausgebreiteter waren die Kenntnisse der Alten im Gebiet der Optik, und offenbar war dies der Zweig der Physik, den sie am meisten kultivirten; theils wohl deshalb, weil die Erscheinungen des Lichts an sich auffallender sind, als die der Mechanik, theils auch weil die Gesetzmäſsigkeit der Erscheinungen hier in vielen Fällen sehr hervorstechend ist, und sehr zu mathematischen Betrachtungen auffordert, zu welchen die Alten bekanntlich eine groſse Vorliebe besaſsen.

Wie unvollkommen jedoch auch bei den Licht-Erscheinungen ihre Kenntnisse waren, geht zuvörderst schon aus ihrer Theorie vom Sehen hervor. Während wir mit gutem Grund annehmen, daſs das Sehen durch etwas geschieht, was von dem gesehenen Körper ins Auge gelangt, setzten sie umgekehrt voraus, daſs dabei etwas von dem

Auge ausfliefse und zu dem Körper übergehe. Sie nahmen sogenannte Augenstrahlen an, die den gesehenen Körper gleich Fühlfäden betasteten; nach den Alten war also das Sehen eine Art von Fühlen.

Diese Theorie findet sich fast ohne Ausnahme bei den vorzüglichsten ihrer Philosophen und Physiker, z. B. bei **Pythagoras, Demokrit, Plato, Empedokles, Epikur, Hipparch, Euklid, Lucrez, Hero, Seneca, Kleomedes.** Hin und wieder ist sie nur etwas modificirt, wie z. B. **Empedokles** Bilder von den Gegenständen ausgehen läfst, die sich mit den Augenstrahlen vermischen, und so die Empfindung des Sehens bewerkstelligen. Aehnlich war die Meinung des grofsen Astronomen **Hipparch**; er läfst Gesichtsstrahlen von beiden Theilen ausgehen, und so ungefähr denkt sich auch **Plato** die Sache.

Die Theorie von den Augenstrahlen ist bemerkenswerth, weil sie sich bis in das Mittelalter erhalten hat, und ihr Umsturz auch einen der Wendepunkte der neueren Physik bezeichnet. Der Einzige, der sich sonst noch vernünftig über die allgemeine Theorie des Lichts äufsert, ist **Aristoteles.** Er meint, es müsse zwischen den Gegenständen und dem Auge ein Medium vorhanden sein, welches das Sehen vermittelt, auf ähnliche Art, wie der Schall durch die Luft vermittelt zum Ohr gelangt. Wäre ein leerer Raum da, so, meint er, würden wir nichts sehen. Auch heutigen Tages nimmt man bekanntlich an, dafs das Sehen durch ein höchst subtiles Fluidum zwischen Auge und Gegenständen vermittelt werde. Man könnte hiernach versucht sein **Aristoteles** die Priorität dieser Theorie zuzuschreiben; allein man braucht sich nur etwas specieller mit seinen Ansichten bekannt zu machen, um von dieser Meinung abzukommen. Ich bin überzeugt, dafs wer die heutige Lichttheorie noch nicht kennt, aus **Aristoteles** Schriften schwerlich eine Vorstellung von derselben bekommt.

Man mufs es indefs dem **Aristoteles** als ein Verdienst anrechnen, dafs er sich gegen das Sehen mittelst Augen-

strahlen aussprach. Wäre das Auge Feuer, sagte er, wie **Empedokles** behauptet und im **Timaeus** geschrieben steht, und geschähe das Sehen, indem das Licht wie aus einer Laterne aus den Augen herausgehe, warum sieht denn in der Finsternifs das Auge nicht? — Gewifs eine sehr richtige Bemerkung.

Die Mangelhaftigkeit der Lichttheorie der Alten ist eine natürliche Folge ihrer geringen Kenntnisse von den Erscheinungen des Lichts. Aufser einigen Thatsachen in Betreff des Sehens, aufser einigen meteorischen Phänomenen kannten sie nur die Reflexion und die Refraktion, und noch dazu beide Erscheinungen sehr unvollkommen.

6. Was zunächst die Reflexion betrifft, so ist die rohe empirische Kenntnifs dieser Erscheinung wohl so alt wie das Menschengeschlecht selbst. Den natürlichen Spiegel, welchen die Oberfläche ruhiger Gewässer darbietet, haben die ersten Menschen gewifs ebenso gekannt und benutzt, wie es noch jetzt von Völkern geschieht, die auf der niedrigsten Stufe der Civilisation stehen. Aber auch künstliche Spiegel, besonders Metallspiegel, sind uralt, sie waren lange vor **Pythagoras** (640—548) bekannt, werden schon im Hiob und im 5. Buch Mosis erwähnt, und sind auch vielfach in den ägyptischen Mumiengräbern gefunden.

In späteren Zeiten, z. B. denen des **Plinius**, wo die Spiegel schon zum Hausgeräth der Römer gehörten und grofser Luxus mit ihnen getrieben wurde, machte man dieselben zwar immer noch gröfstentheils von Metall, mitunter aber auch von Stein (Obsidian) und Glas. Berühmt waren die brundisischen aus Zinn und Erz, noch viel früher scheinen jedoch die silbernen gebraucht worden zu sein. *Das Silber;* sagt **Plinius**,[1]) *hat die wunderbare Eigenschaft die Bilder zu spiegeln, was bekanntlich dadurch geschieht, dafs die Luft zurückgestofsen und dem Auge wieder zugeführt wird.* Die Glasspiegel waren unbelegt und nach

[1]) Hist. nat. lib. XXXIII, cap. 45; Wilde, Gesch. d. Optik I, 66.

Plinius in Sidon erfunden; auch **Alexander Aphrodisiensis** im II. Jahrhundert sowie **Isidor** von Sevilla im VII. Jahrhundert reden vom Glase als einer zu Spiegeln sehr tauglichen Masse.[1]) Die belegten Glasspiegel sind von viel neuerem Datum.

Dies alles waren Planspiegel; es wurden aber nicht bloſs solche Spiegel von den Alten benutzt, sondern sie verfertigten auch konvexe und konkave. Besonders ist der Gebrauch der letzteren als Brennspiegel sehr alt. Beweis dafür giebt der Vestadienst, der schon vor Erbauung Roms, also vor 753, in Italien üblich war. Der Vesta zu Ehren wurde nämlich ein ewiges Feuer unterhalten, und wenn es je durch einen Zufall erloschen war, so durfte es nur mit dem Feuer der Sonne als dem reinsten Feuer wieder angezündet werden. Das aber konnte nur mit Hülfe eines Brennspiegels, wenn nicht mittelst eines Brennglases geschehen. **Plutarch** erzählt im Numa, daſs man sich zum Wiederanzünden des etwa erloschenen Vestafeuers eines sogenannten Skaphions bedient habe; Skaphion war aber ein kahnförmiges Trinkgefäſs ähnlich einem Schmelztiegel, also ein mangelhafter Hohlspiegel.

Da ich hier von dem Gebrauch der Hohlspiegel bei den Alten rede, so hätte ich die Erzählung, daſs **Archimedes** die Flotte der Römer, welche Syrakus einschloſs, durch Brennspiegel zerstörte, näher zu betrachten, wenn dies nicht als eine unfruchtbare Beschäftigung erscheinen müſste, da aus der Gesammtheit der über diesen Gegenstand mit so vieler Gelehrsamkeit geführten Verhandlungen hervorgeht, daſs die Angabe entweder eine reine Erdichtung ist, oder auf einem Miſsverständniſs beruht.

Polybius, der fast ein Zeitgenosse von **Archimedes** war (er lebte 204 bis 121 v. Chr.) und die Belagerung von Syrakus ausführlich beschrieben hat, erwähnt nichts von der besagten Verbrennung, ebenso wenig **Livius** und **Plutarch**. Die früheste Nachricht darüber bringen **Lucian** aus

[1]) Wilde, Gesch. d. Optik I, 67.

Samosata in Syrien und **Galen** aus Pergamus, die beide im II. Jahrhundert n. Chr. lebten und berichten, dafs **Archimedes** durch künstliche Mittel, durch Zündwerk, die Flotte vernichtet habe; dafs Brennspiegel dabei angewandt seien, sagt mit Bestimmtheit keiner von beiden. Der erste, welcher erwähnt, dafs **Archimedes** die Flotte der Römer mittelst der *Sonnenstrahlen* verbrannt habe, ist **Anthemius**, berühmt durch die Erbauung der Sophienkirche unter Justinian I. im VI. Jahrhundert; er bezweifelt aber, dafs es auf Schufsweite eines Bogens mit einem Brennspiegel geschehen könne, und schlägt daher vor, mehrere ebene Spiegel so zu kombiniren, dafs sie die auffallenden Sonnenstrahlen nach einem Punkte hin reflektiren. Eigentlich sind es erst **Zonaras**, **Tzetzes** und **Eustathius**, byzantinische Schriftsteller des XII. Jahrhunderts, durch welche die Sage, dafs **Archimedes** mit Brennspiegeln die römische Flotte verbrannt habe, in Umlauf gebracht ist. Seitdem hat sich der Glaube an die Richtigkeit der Sache erhalten und die optischen Schriftsteller des Mittelalters vielfach beschäftigt, obwohl der Thatbestand aller sicheren historischen Begründung entbehrt.

Ebenso unwahr ist die Erzählung von **Zonaras**, dafs **Proklus** die Flotte des Vitalianus, der unter dem Kaiser Anastasius (reg. 491 bis 518) Konstantinopel belagerte, durch Spiegel verbrannt habe. Es ist diese Geschichte schon deshalb nicht glaublich, weil **Anthemius** nichts davon erwähnt, und doch gerade er die Erzählung über **Archimedes** wahrscheinlich zu machen gesucht hat. — Was übrigens beide Begebenheiten von vorn herein sehr unwahrscheinlich macht, ist die grofse Schwierigkeit der Anfertigung von Hohlspiegeln, die in bedeutender Entfernung zünden, und der Umstand, dafs es bei gröfserer Nähe wirksamere Mittel giebt eine Flotte in Brand zu stecken[1]).

7. Es ist indefs nicht blofs die praktische Seite der Reflexion des Lichts, mit welcher die Alten sich befafsten,

---

[1]) Wilde, ibid. I, 34. 49.

sie haben vielmehr auch sehr früh die wissenschaftliche Seite kultivirt. Schon bei den Platonikern treffen wir die Kenntnifs zweier Sätze an, welche noch jetzt als fundamental in der Katoptrik gelten:

1) dafs sich das Licht in einem und demselben Medium stets gradlinig fortpflanze;

2) dafs bei der Reflexion die Winkel des Einfalls und des Rückwurfs gleich sind, und beide Strahlen, der einfallende und der zurückgeworfene, in einer auf der spiegelnden Fläche senkrechten Ebene liegen.

Wer diese beiden Sätze aufgefunden hat, weifs man nicht, ebensowenig wie sie aufgefunden sind. Der erste hat vorweg so viel Wahrscheinlichkeit für sich, dafs er vielleicht mehr angenommen als bewiesen ist; der andere ist nicht ganz so einfach, versteht sich nicht eigentlich von selbst, sondern erfordert einen Beweis. Da die Alten Winkelmessungen zu machen verstanden, so fanden sie ihn möglicherweise dadurch auf, dafs sie die Höhe der Sonne einmal über dem Horizont, und dann über ihrem Bilde in einem ruhigen Wasserspiegel mafsen. Diese beiden Sätze finden sich in einem Werke über Optik, das dem berühmten Geometer **Euklid** (geb. zu Alexandrien um 300 v. Chr.) zugeschrieben wird, und auch sonst noch viel Richtiges über Reflexion und Refraktion enthält, doch vermischt mit so mancher Unrichtigkeit, dass es zweifelhaft ist, ob es jenen berühmten Geometer zum Verfasser hat.

Aufser diesen beiden Sätzen kannten die Alten in Betreff der Reflexion noch einen dritten, der nicht so obenauf liegt, und der weiter ausgeführt, eins der merkwürdigsten Gesetze des Lichts einschliefst. Es ist der Satz:

3) dafs das Licht bei der Reflexion immer den kürzesten Weg einschlägt.

In der That, wenn von A ein Strahl nach einem Punkt B auf dem Spiegel geht, und von hier nach C reflektirt wird, so ist $AB + BC$ kürzer als irgend ein anderes Linienpaar $AD + DC$, wenn D einen beliebigen Punkt des Spiegels bezeichnet. Später hat **Fermat** diesem Satz

einen allgemeineren Ausdruck gegeben. Es wird angegeben, dafs der Satz uns von **Heliodorus** von Larissa aufbewahrt ist, einem sonst unbedeutenden Schriftsteller, welcher vermuthlich zu Tiber's Zeiten, also im ersten Jahrhundert lebte; es scheint indefs, dafs eigentlich sein Sohn **Damianus** das betreffende Werk geschrieben hat, welches jedenfalls später als die Optik von **Ptolemaeus** verfafst ist [1]. Das Theorem selbst stammt aber von dem berühmten **Hero** von Alexandrien her, der auch ein Buch über Winkel- und Höhenmessen geschrieben hat, worin schon ein Hodometer vorkommt [2].

8. So viel von den Kenntnissen der Alten über Reflexion. Was die Refraction betrifft, so ist auch sie eine so gewöhnliche Erscheinung, dafs sie unmöglich lange der Beachtung entgehen konnte. Dafs z. B. ein schief in das Wasser gestecktes Ruder wie gebrochen aussieht, ist ohne Zweifel eine sehr alte Wahrnehmung.

Es ist manchmal bezweifelt worden, ob die Alten Brenngläser gekannt haben, allein ohne Grund; es finden sich mehrere Andeutungen, welche dies aufser Zweifel setzen. Allein es mufs unentschieden bleiben, von welcher Form diese Brenngläser waren, ob nämlich Kugeln von Glas, Kugelsegmente oder eigentliche Linsen. Dafs Brenngläser sehr alt seien, geht schon aus **Aristophanes** hervor. Dieser Dichter (424 v. Chr.) läfst nämlich im zweiten Theile seines Lustspiels *Die Wolken* den **Strepsiades** zum **Sokrates** sagen, er wisse ein Mittel, wie man sich seiner Schuldner entledigen könne, und auf die Frage wie? antwortet er, er würde, wenn der Gläubiger ihm seine Rechnung brächte, dieselbe unvermerkt in die Sonne halten und mit dem Glase schmelzen, mit dem man Feuer anmache.

Nach diesem alten Zeugnifs von der Kenntnifs der Brenngläser kann es nicht in Verwunderung setzen, wenn

---

[1]) Wilde, ibid. I, 49. 60.

[2]) Gilbert's Ann. Bd. 52, S. 403.

man ihrer oder ihrer Wirkung bei späteren Schriftstellern erwähnt findet. **Lucius Annaeus Seneca** (geb. 12, gest. 66 n. Chr.) kannte die Vergröſserungskraft einer mit Wasser gefüllten Flasche sehr wohl. Er wuſste auch, daſs ein eckiges Stück Glas alle Farben des Regenbogens erzeuge; allein er hielt diese Farben nicht für ächte, sondern für falsche, ähnlich den Farben eines Taubenhalses und denen, die ein Spiegel reflektire. Ebenso wuſste **Plinius** der Aeltere (geb. 23 n. Chr. zu Verona, gest. 79 beim Ausbruch des Vesuvs), daſs eine Glaskugel in den Sonnenschein gehalten Gegenstände entzünden könne, und er erwähnt diese Benutzung der Glaskugeln als ein Aetzmittel bei Wunden. Auch der Redner **Lactantius** (gest. 325 n. Chr.), Erzieher des ältesten Sohnes von Konstantin dem Groſsen, sagt, daſs eine mit Wasser gefüllte Kugel zünde, selbst, wie er hinzufügt, wenn das Wasser ganz kalt sei.

Ungeachtet dieser Kenntnisse von den Wirkungen der Lichtbrechung waren doch die Alten mit den Ursachen dieser Erscheinung ganz unbekannt, wie sie denn auch, wenigstens in den Zeiten vor Chr. von den Gesetzen derselben nichts wuſsten. Dies geht u. A. bei **Aristoteles** aus der Frage hervor, warum ein schief in das Wasser gesteckter Stab gebrochen erscheine.

Spätere Schriftsteller verrathen schon etwas mehr Sachkenntniſs, so z. B. **Kleomedes** (lebte 50 n. Chr.), welcher ein Buch unter dem Titel *Cyklische Theorie von den Meteoren* schrieb, und darin eine Theorie vom Sehen, von der Reflexion und Refraktion lieferte. Dieser wuſste, daſs ein Lichtstrahl, wenn er schief aus einem Mittel in ein dichteres übergeht, dem Perpendikel zugelenkt wird, wenn er dagegen in ein lockreres Mittel tritt, von ihm abbiegt. **Kleomedes** kannte auch schon den Versuch, bei welchem man eine Münze auf den Boden eines Bechers legt, sich dann so stellt, daſs man sie nicht mehr sehen kann, und nun, ohne das Auge zu verrücken, den Becher mit Wasser füllt, wo dann die Münze wieder zum Vorschein kommt. Er setzt noch hinzu, auf gleiche Weise könne man die noch unter

dem Horizont verborgene Sonne durch Strahlenbrechung sehen [1]).

9. Die ausgebreitetsten und gründlichsten optischen Kenntnisse im ganzen Alterthum besafs aber **Claudius Ptolemaeus**, derselbe Mann, der auch als Astronom und Geograph Epoche in der Wissenschaft gemacht hat.

Ptolemaeus war geb. im J. 70 oder 77 zu Ptolemais in Aegypten, nicht zu Pelusium, wie Einige angeben, und er starb 147 zu Alexandrien, wo er den gröfsten Theil seines Lebens mit Beobachtungen und mit Abfassung zahlreicher Werke zubrachte. Von seinen astronomischen und geographischen Werken ausführlich zu reden kann hier nicht der Ort sein; ich will hier nur bemerken, dafs **Ptolemaeus** der Urheber oder Ausbilder des nach ihm benannten Weltsystems ist, welches die Erde in den Mittelpunkt des Planetensystems setzt, einer Lehre, die sich fast anderthalbtausend Jahre in ungeschwächtem Ansehen erhalten hat, und selbst dann, als sie durch **Kopernikus** gründlich widerlegt worden war, ihre Anhänger und Vertheidiger fand. Es ist ferner **Ptolemaeus**, dem man die allein richtige Methode verdankt, die geographische Lage von Orten festzusetzen, nämlich durch Beobachtung ihrer Breite oder Polhöhe und ihrer Länge, eine Methode, von welcher er indefs zuweilen wegen Unrichtigkeit der Messungen fehlerhafte Anwendungen machte.

Dieser **Ptolemaeus** hat auch ein Werk über Optik hinterlassen, das in einer Hinsicht das merkwürdigste aus dem ganzen Alterthum ist, sowohl in physikalischer Hinsicht überhaupt als in Betreff der Optik ins Besondere. Man hat es lange nur aus den Citaten mittelalterlicher Schriftsteller gekannt und es für verloren gehalten, bis man es in neuerer Zeit sowohl in Oxford als in Paris in lateinischer Handschrift aufgefunden hat, als Uebersetzung aus dem Arabischen. Es führt den Titel: *Ptolemaei opticorum sermones quinque.* Die nähere Kenntnifs seines Inhalts ver-

[1]) Wilde, ibid. I, 59.

danken wir dem französischen Astronomen **Delambre**, der davon in der *Connaissance des temps* für 1816 einen ausführlichen Auszug gegeben hat.

Aus diesem Auszug ersehen wir, daſs das ptolemaeische Werk alle damals bekannten Zweige der Optik umfaſst: die Theorie des Sehens, die Reflexion, die Theorie der ebenen und konkaven Spiegel und endlich die Refraktion.

Von dieser Refraktion handelt das 5. Buch, welches unter allen Dokumenten über die Physik der Alten deshalb eins der merkwürdigsten ist, weil darin Versuche beschrieben werden, welche sonst, wie schon erwähnt, bei den Alten gar nicht oder höchst sparsam und in sehr unvollkommener Weise vorkommen. Bekannt mit dem von **Kleomedes** beschriebenen Versuche, und wissend, daſs ein Lichtstrahl bei schiefem Einfall auf einen durchsichtigen Körper von seiner Richtung abgelenkt werde, suchte er diese Ablenkung zu messen, und zwar für den Uebergang des Lichts aus Luft in Wasser und Glas, und aus Glas in Wasser. **Ptolemaeus** hatte indeſs keine Kenntniſs von dem Gesetz der Refraktion. Er maſs und gab daher nur die Winkel des Lichtstrahls in den beiden Medien mit dem Perpendikel auf der Gränzfläche, ohne eine Folgerung daraus abzuleiten. Aus den von ihm angegebenen Winkeln hat man indeſs die Brechverhältnisse berechnet und so gefunden, daſs seine Versuche im Mittel ganz leidliche Werthe ergaben.

Refraktion aus:

Luft in Wasser = 1 : 0,76 (nach Newton = 1 : 0,74)
Luft in Glas = 1 : 0,67 (nach Newton = 1 : 0,65)
Glas in Wasser = 1 : 0,88

Ebenso wenig wie **Ptolemaeus** das Refraktionsgesetz kannte, war ihm die Dispersion oder Farbenzerstreuung bekannt.

10. Schreiten wir jetzt zu den atmosphärischen Lichterscheinungen; auch in der Kenntniſs von diesen finden wir bei den Alten nur die ersten Andeutungen.

Ptolemaeus kannte die astronomische Strahlenbrechung. Er wuſste, daſs im Zenith keine Strahlenbrechung stattfindet, daſs diese Brechung aber an allen übrigen Punkten des Himmels die Höhe der Sonne, des Mondes und der Sterne vergröſsere, und zwar desto mehr, je näher dem Horizont, und daſs demgemäſs die Cirkumpolarsterne keine Kreise beschreiben. Kurz er wuſste, daſs die Lichtstrahlen, welche schief in die Atmosphäre eintreten, von der graden Linie abgelenkt werden, nämlich nach dem Perpendikel hin.

Nach einer groſsen Zahl von ihm angestellter Messungen berechnete er sogar Refraktionstafeln. Er hielt die Höhe der Atmosphäre für unbekannt, meint aber doch, daſs sie sich bis zum Mond erstrecke.

Die Kenntniſs der astronomischen Strahlenbrechung ist für den Astronomen Bedürfniſs, da er ohne sie die Höhe der Gestirne nicht richtig zu bestimmen vermag, und eben dies Bedürfniſs hat veranlaſst, daſs man etwa 100 n. Chr. die Wirkung der regelmäſsigen Strahlenbrechung etwas näher studirte. Dagegen blieben andere Erscheinungen, an die sich kein solches Interesse knüpfte, sehr vernachlässigt, so z. B. die prachtvollste und so häufige des Regenbogens.

Aristoteles kannte den Regenbogen so gut wie die Höfe und Ringe um Sonne und Mond nebst den Nebensonnen und Nebenmonden, die in den Durchschnittspunkten dieser Höfe und Ringe zum Vorschein kommen. Er kannte auch den Nebenregenbogen, ja sogar den Mondregenbogen; er wuſste auch anzugeben, warum derselbe so selten sei und nur bei Vollmond erscheine. Er wuſste ferner, daſs die Höhe des Regenbogens sich nach dem Stande der Sonne richte, daſs er desto niedriger sei, je höher die Sonne stehe, und daſs deshalb im Sommer und zur Mittagszeit kein Regenbogen in Griechenland möglich sei. Endlich wuſste er auch, daſs ein künstlicher Regenbogen erscheine, wenn man mit einem Ruder ins Wasser schlage oder sonst Wasser umherspritze, und dabei der Sonne den Rücken zukehre.

Allein trotz aller dieser Bekanntschaft mit den Umständen, unter welchen der Regenbogen zu Stande kommt, hatte er doch keine richtige Vorstellung über die Entstehung desselben. Er erklärte nämlich den Bogen für eine Menge unvollkommener Sonnenbilder an der Wolke, und läſst die Farben durch Reflexion entstehen. Die schrägsten Strahlen können am wenigsten in die Wolke eindringen, werden am stärksten reflektirt und erzeugen die lebhafteste Farbe, das Roth. Er leitet also die Farben, von denen er nur drei unterscheidet, von einer unvollkommenen Reflexion ab.

Nicht besser waren **Seneca**'s Kenntnisse. Er hielt den Regenbogen für ein einziges verzogenes Sonnenbild, welches an einer hohlen und feuchten Wolke reflektirt werde, und welches gröſser erscheine als die wirkliche Sonne, weil im Wasser alles vergröſsert werde. Er parallelisirt die Farben desselben mit den Farben, welche eckige Glasstücke darbieten, meint aber doch, sie entständen dadurch, daſs Sonnenstrahlen von verschiedener Stärke sich mit der Farbe der Wolke vermischten.

Auch seltenere Phänomene blieben den Alten nicht ganz unbekannt, so z. B. die irdische Strahlenbrechung, die Kimmung, Mirage, ein Phänomen, welches freilich in heiſseren Himmelsstrichen als Griechenland und Italien, in Asien und Afrika, häufiger ist, und daher bei arabischen, persischen und indischen Dichtern oft bildlich angeführt wird, in Sanskrit den Namen Durst (Wunsch) der Antilope heiſst [1].

Pomponius Mela erzählt, in Mauritanien am Atlas gebe es Länder, wo Gespenster zwischen den Bergen die Bewegungen der Menschen nachahmten. **Plinius** gedenkt einer Landschaft in Scythien, wo sich groſse Herden von Menschen und Schafen in der Luft sehen lieſsen. Sonderbar, daſs die Alten diese Beispiele so weit herholten, da sie dieselben viel näher haben konnten. **Facellus** erwähnt indessen eins, das wohl von Italien oder Sicilien gilt [2].

[1]) Humboldt, VI, 83. [2]) Gilb. Ann. XVII, 184.

Dies wären nun die hauptsächlichsten Kenntnisse der Alten im Gebiet der Optik; sie können zwar noch nicht auf den Namen einer Wissenschaft Anspruch machen, enthalten indeſs doch die ersten Keime dazu und überragen jedenfalls bei Weitem das, was sie in anderen Zweigen der Physik wuſsten, wo die Kenntnisse noch mangelhafter und fragmentarisch waren.

Akustik.

11. Obwohl sehr eingeschränkt, waren die Kenntnisse der Alten in der Akustik doch nicht ganz ohne allen Zug von Wissenschaftlichkeit; sie gingen hervor aus der Musik, welche schon sehr frühzeitig betrieben wurde, und später einen nicht ganz unbedeutenden Grad von Ausbildung erhielt. Besonders verdient hier **Pythagoras** genannt zu werden, der Stifter jener merkwürdigen Schule zu Kroton in Unter-Italien, aus der so manche helle Einsicht hervorging.

Pythagoras war zu Samos etwa 580 v. Chr. geboren, und starb 500 zu Megapontum den Hungertod im Tempel der Musen. Man erzählt von ihm, daſs er einst vor einer Schmiede vorüberging und überrascht ward zu hören, daſs die Hämmer der Arbeiter die Quarte, Quinte und Oktave angaben. Er vermuthete, daſs die verschiedenen Gewichte der Hämmer die Ursache der harmonischen Töne seien; er ging hinein, untersuchte die Hämmer und fand wirklich, daſs der Hammer, welcher die höhere Oktave gab, das halbe Gewicht des schwersten hatte; der, welcher die Quinte gab, $\frac{2}{3}$ und der, welcher die Quarte gab, $\frac{3}{4}$. Als er nach Hause kam, so sagt man, hing er eine Saite senkrecht auf und beschwerte sie am anderen Ende mit verschiedenen Gewichten. Da soll er denn gefunden haben, daſs, um von dieser Saite die Oktave, Quinte und Quarte zu erhalten, die spannenden Gewichte in denselben Verhältnissen stehen müſsten wie die der Hämmer.

Diese Erzählung klingt ganz annehmlich; allein entweder ist sie ganz erfunden oder doch ganz entstellt. Für

die Töne Quarte, Quinte, Oktave müssen entweder bei gleicher Spannung die Längen der Saite sich verhalten wie $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{2}$, oder bei gleicher Länge die Gewichte wie $\frac{16}{9}$, $\frac{9}{4}$, $\frac{4}{1}$, denn es verhalten sich die Schwingungsmengen wie die Quadratwurzeln aus den spannenden Gewichten und umgekehrt wie die Saitenlängen.

Indeſs ist soviel gewiſs, daſs **Pythagoras** und seine Schüler sich sehr viel mit der Tonleiter und deren Eintheilung beschäftigten, und er selbst soll der Lyra, die bis dahin nur 7 Saiten oder Töne hatte, den achten oder die Oktave hinzugefügt haben.

Auch **Aristoteles** besaſs einige akustische Kenntnisse. Unter Anderem wuſste er, daſs die Luft den Schall vermittelnd in das Ohr leite; so auch, daſs eine Pfeife oder Saite, um eine höhere Oktave zu geben, die halbe Länge von der haben müsse, die den Grundton angiebt. Letzteres hat er indeſs von **Pythagoras** oder dessen Schülern [1]). Bei **Aristoteles** finden wir auch schon die interessante Bemerkung, daſs der Schall bei Nacht besser und in gröſserer Entfernung gehört werde als bei Tage, und im Winter besser als im Sommer. Er erklärt die Erscheinung damit, daſs er sagt: das kommt daher, weil es dann mehr Ruhe giebt wegen der Abwesenheit des Heiſsesten, welche Abwesenheit alles ruhiger und leidender macht, indem die Sonne das Princip aller Bewegung ist [2]).

Wärme.

12. Im Gebiet der Wärmelehre finden wir bei den Alten noch gar keine Schritte zur Wissenschaftlichkeit gemacht. Ihre Kenntnisse beschränkten sich hier auf bloſse empirische Bekanntschaft mit den, man kann wohl sagen, alltäglichen Erscheinungen des Gefrierens, Schmelzens, Glühens, Verdampfens, Siedens; auf die Wärmeentwickelung durch Verbrennen, Reiben, Koncentriren der Sonnenstrahlen;

---

[1]) Young, A course of lect. I, 404.
[2]) Humboldt, Gilb. Ann., Bd. 65, S. 41.

auf Kälteerregung durch Verdunsten, Ausdehnung der Luft und des Dampfes durch Wärme.

Trotz dieser unvollkommenen Kenntniſs des Thatsächlichen lieſsen sie es nicht an Hypothesen fehlen; wir finden sie namentlich bei **Aristoteles** und **Epikur**. Ersterer nahm für Wärme und Feuer ein eigenes Element an, welches das unkörperlichste von allen sei, und aus auſserordentlich kleinen und beweglichen Theilen bestehe. Letzterer lehrte, die Wärme bestehe aus feurigen Ausflüssen.

Aus diesen Angaben wird erhellen, daſs von einer wissenschaftlichen Erforschung der Wärmeerscheinungen noch keine Spur anzutreffen ist, wie denn diese auch erst mit Erfindung des Thermometers anhebt und anheben konnte.

Elektricität.

13. Dasselbe gilt und in noch höherem Maſse von der Elektricitätslehre, wiewohl die Alten auch hier einige Erscheinungen sehr frühzeitig kennen lernten. Nach allgemeiner Angabe ist **Thales**, einer der sieben Weisen Griechenlands, welcher 640 zu Milet geboren wurde und 548 als Zuschauer der olympischen Spiele vor Alterschwäche starb, derjenige, von dem die älteste Beobachtung über Elektricität herstammt, indem er die Anziehung, welche geriebener Bernstein auf leichte Körper ausübt, zuerst wahrnahm. Wenn dies auch nicht weiter verbürgt werden könnte, so hat doch die Beobachtung insofern ein Interesse, als sie später, weil der Bernstein auf griechisch Elektron heiſst, zu dem Namen Elektricität, Bernsteinhaftigkeit, Veranlassung gegeben hat.

Nach **Kratzenstein** kommt der Name von dem arabischen *elek* (adhaeret), nach **Buttmann** dagegen von ἕλκειν ziehen, daher der Bernstein ἕλκτρον, Zugstein, woraus später ἤλεκτρον. Der Anziehung wegen, die der geriebene Bernstein auf Stroh, Fäden, Blätter und andere leichte Körper ausübt, nannten ihn die Syrer Räuber, die Perser Strohräuber, Karuba, woher das auch noch jetzt den Bern-

stein bezeichnende Wort Carabe stammt. Im Französischen ist ein Trivialname desselben Tire-paille. Das deutsche Wort Bernstein ist nicht von der elektrischen Eigenschaft des Fossils abgeleitet, sondern von seiner Brennbarkeit; es kommt von dem veralteten niederdeutschen *bernen* d. h. brennen, leuchten. Eine gleiche Bedeutung hat der mit Bernstein synonyme Name Agtstein, vom veralteten *aiten*, brennen (**Heyse**), welchen einst einige Puristen gebrauchen wollten, um die aus dem griechischen Elektron abgeleiteten Namen durch solche aus dem Deutschen entnommene zu verdrängen, also elektrisiren durch *beagtsteinkräftigen*, und Elektrisirmaschine durch *Beagtsteinkräftigungs-rüstzeug*. Diese Vorschläge wurden in vollem Ernst von einem sonst verdienten Elektriker, dem im J. 1790 als Konservator des kurpfälz. physikal. Kabinets zu Manheim verstorbenen Abt **Hemmer** gemacht — natürlich aber nur Vorschläge blieben.

Lange Zeit war der Bernstein der einzige Körper, an dem man die Eigenthümlichkeit kannte, nach dem Reiben leichte Körper anzuziehen. Erst einige hundert Jahre später entdeckte **Theophrastus** von Eresus auf Lesbos, der berühmteste Mineralog des Alterthums, welcher von 371 bis 286 lebte, daſs das Lynkurion dieselbe Eigenschaft besitze. Welches Mineral das Lynkurion gewesen sei, weiſs man nicht; die Alten fabelten von ihm, daſs es aus dem Harne des Luchses anschieſse, und daher auch sein Name Luchsstein.

In späterer Zeit sind mehrfach gelehrte Untersuchungen über das Lynkurion angestellt, und ein englischer Elektriker Dr. **Watson** hat namentlich geltend gemacht, daſs es unser Turmalin sei. Allein die Eigenschaften, welche **Theophrast** vom Lynkurion angiebt, Farbe, Härte, Politurfähigkeit, passen wie auf den Turmalin ebenso auf gar viele Edelsteine, und dann wäre **Theophrast** ein sehr schlechter Beobachter gewesen, wenn er am Turmalin, der durch Reiben nur schwach oder gar nicht elektrisch wird, die Eigenschaft nicht bemerkt haben sollte, weshalb er in der Geschichte der Elektricität eine gewisse Epoche begrün-

dete, die Eigenschaft nämlich, durch Erwärmung elektrisch zu werden. Viel eher könnte man berechtigt sein den Carbunculus des **Plinius** für einen Turmalin zu halten, denn der berühmte Verfasser der Historia naturalis giebt von diesem übrigens auch nicht bekannten Stein an, daſs er sowohl gerieben als von der Sonne erwärmt die Eigenschaft erlange, leichte Körper anzuziehen.

Unser Turmalin ist mit Gewiſsheit den Alten nicht bekannt gewesen, und wir haben ihn erst aus Indien, aus Ceylon, kennen gelernt, woher ihn 1703 die Holländer unter dem Namen Turmalin, Turnamal oder Trip brachten. Sie selbst belegten ihn mit dem Namen Aschentrecker, weil sie bemerkten, daſs der Stein die leichte Asche auf glimmenden Torfkohlen anziehe, und nach einiger Zeit wieder abstoſse. Die erste Nachricht darüber brachte die Schrift: *Curiöse Speculationes bei schlaflosen Nächten von einem Liebhaber, der immer gern speculirt, Leipzig 1707,* worin der anonyme Verfasser die ganz richtige Bemerkung macht, er zweifle gar nicht, daſs der Stein, wenn er erhitzt sei, wohl mehr Dinge als Asche an sich ziehen möge[1]).

Nach Allen diesem ist es also nicht erwiesen, daſs das Lynkurion unser Turmalin gewesen sei, vielmehr ist es wahrscheinlicher, daſs man darunter unsern Hyacinth zu verstehen habe, eine Meinung, der in späteren Zeiten mehrere Naturforscher beigetreten sind, und die zuerst von dem Bischof **Epiphanios** in seinem Buche über die 12 Edelsteine auf dem Kleide Arons ausgesprochen worden ist, freilich aus dem eben nicht gewichtigen Grunde, weil er das Wort Lynkurion nicht habe in der Bibel finden können, die er für eine Mineralogie zu halten scheint.

14. Daſs die Alten überdies Kenntniſs von den elektrischen Erscheinungen der Atmosphäre haben muſsten, bedarf wohl keiner besonderen Erwähnung. Blitz und Donner sind ja besonders in südlichen Gegenden so häu-

---

[1]) Beckmann, Beiträge I, 241.

fige und so auffallende Phänomene, dafs sie Keinem unbekannt bleiben konnten. Allein aufser dem Gewitter kannten die Griechen und Römer noch eine viel seltenere elektrische Erscheinung, diejenige nämlich, welche wir jetzt das Elmsfeuer nennen, und die aus leuchtenden, elektrischen Ausströmungen aus Spitzen von Masten, Thürmen, Zweigen der Bäume und Sträucher, selbst von Haaren an Menschen und Thieren, besteht. Ueber dieses Phänomen finden sich nun bei den Alten mehrfache Nachrichten, die zum Theil recht charakteristisch sind.

In Caesar's Geschichte seines afrikanischen Krieges cap. 47 heifst es: *Plötzlich entstand ein ungeheurer Sturm mit Steinregen (Hagel?), und in derselben Nacht glühten von selbst die Spitzen an den Speeren der fünften Legion.* Aehnliches berichtet Livius. Er sagt Lib. XXII, cap. 1: *In Sicilien wurden den Soldaten die Speere leuchtend, und das Gestade glänzte von zahlreichen Funken.* Ferner in Lib. XXXIV, cap. 45: *Auf dem Forum, dem Comitium und Capitolium sah man Blutstropfen; es regnete einige Male Erde und das Haupt des Vulkans ward leuchtend.*

Plinius rechnet das Elmsfeuer zu den Sternen. Er sagt Lib. II. cap. 37: *Es giebt Sterne auf dem Meere und auf dem Lande. Ich selbst*, setzt er hinzu, *sah den Speeren der Soldaten, die Nachts Wache hielten, ein sternähnliches Licht sich anhängen. Auch auf die Segelstangen und andere Theile der Schiffe setzten sie sich mit eigenthümlichem Geräusch, wie Vögel hüpfend von einem Orte zum andern. Wenn sie einzeln kommen, sind sie verderblich, die Schiffe in den Grund bohrend, und wenn sie auf den Boden gesunken sind, die Kiele entzündend. Als Doppelsterne aber sind sie heilsam, Vorboten einer glücklichen Fahrt, und durch ihre Ankunft wird jene schreckliche Helena verscheucht. Deshalb schreibt man dem Pollux und Kastor diese Erscheinung zu, und ruft sie an als Götter auf dem Meere. Auch die Häupter der Menschen umleuchten sie in den Abendstunden zu großer Vorbedeutung. Die Ursache aber von allem ist unbekannt, verborgen in der Majestät der Natur.*

Dies letzte Geständnifs, das Geständnifs der Unbekanntschaft mit der Ursache dieser leuchtenden Phänomene, ist für die Geschichte der Physik von Wichtigkeit, indem daraus hervorgeht, dafs die Alten noch keine Vorstellung von der Elektricität besafsen.

Dennoch hat es in neuerer Zeit einen Physiker gegeben, welcher den Alten eine unglaublich vollkommene Kenntnifs der Elektricität zuschreibt, welcher da meint, diese Kenntnifs sei ein Eigenthum der grauesten Vorzeit gewesen, und nur späterhin zu **Plinius** Zeiten wieder verloren gegangen[1]; ja das ganze Heidenthum sei aus der mifsverstandenen Naturweisheit jener Urzeit hervorgegangen. Dieser Physiker giebt nun der Stelle, worin von Doppelsternen die Rede ist und gesagt wird, man schreibe sie dem Kastor und Pollux zu, die Auslegung, dafs die Alten damit die beiden Elektricitäten hätten bezeichnen wollen, und zur ferneren Stütze dieser Behauptung beruft er sich auf verschiedene mythologische Figuren, in deren Stellung er gleichfalls eine Andeutung von Kenntnifs des polaren Gegensatzes in der Elektricität zu erblicken glaubte.

Es würde zu weit führen und auch nutzlos sein, wenn ich versuchen wollte, die Theorie jenes Physikers ausführlich zu entwickeln und zu widerlegen. Unterlassen aber kann ich hier die Bemerkung nicht, dafs die von **Plinius** erwähnten und dem Bruderpaare Kastor und Pollux zugeschriebenen Doppelsterne, welche nach jener mythologischen Deutung die beiden entgegengesetzten Elektricitäten vorstellen sollen, in neuerer Zeit gar nicht beim Elmsfeuer wahrgenommen worden sind, und dafs es auch weder nach unserer jetzigen Theorie, noch nach jener mythologischen Deutung einzusehen ist, wie bei diesem Phänomen beide Elektricitäten sich leuchtend nebeneinander entladen sollten.

Wie es gekommen, dafs Kastor und Pollux als Schutzgötter der Seefahrer betrachtet wurden, darüber hat die

[1]) Schweigger, Ueb. d. älteste Physik u. den Ursprung d. Heidenthums etc. Schweigg. Journ. XXXIII. — Ueber d. elektrische Erscheinung, welche d. Alten mit dem Namen Kastor u. Pollux bezeichneten, das. XXXVII, 1823.

Geschichte eine Sage aufbewahrt, und möglich ist, dafs diese Sage auf die Vorstellung von dem Phänomen zurückgewirkt hat. Kastor und Pollux, so sagt die Geschichte, machten den Argonautenzug mit, und wurden einst auf dieser Fahrt von einem erschrecklichen Sturm überfallen. Als Alle laut zu den Göttern flehten, erschienen plötzlich auf den Häuptern von Kastor und Pollux zwei sternähnliche Flämmchen, und darauf legte sich das Ungewitter. Seitdem wurden Kastor und Pollux die Schutzgötter der Schiffer und empfingen den Namen der Dioskuren; deshalb werden beide auch immer mit einem Stern über dem Haupte vorgestellt.

Möglich ist, dafs diese Begebenheit zu der Sage von den Doppelsternen Anlafs gegeben hat. Ich nenne dies absichtlich eine Sage, weil, wohl bemerkt, **Plinius** selbst diese Doppelsterne nicht gesehen hat, sowenig wie irgend ein Physiker nach ihm. — Was es mit dem Unglücksstern, den **Plinius** Helena nennt, eigentlich für eine Bewandtnifs habe, ist schwer zu sagen, vielleicht ist damit eine Feuerkugel gemeint. Sollte damit ein einzeln erscheinendes Elmsfeuer gemeint gewesen sein, so hat sich wenigstens seit **Plinius** Zeiten der Begriff von der Bösartigkeit eines solchen elektrischen Lichts sehr geändert.

Noch heut zu Tage betrachten die Schiffer des Mittelmeers, wo sich dies Phänomen häufiger als bei uns zeigt, das Elmsfeuer als ein Zeichen des Nachlassens der Gewitterstürme, gleichviel ob es sich blofs auf einem Maste oder auf mehreren Masten oder Segelstangen zeigt, und nicht selten pflegen sie bei solcher Gelegenheit Dankgebete an St. Elmo oder Santa Anna zu richten. Die Namen St. Elmo, Telmo, Hermo, welche dies Phänomen noch jetzt bei den Schiffern des Mittelmeers führt, sind offenbar aus Helena, der Schwester von Kastor und Pollux, entstanden[1]). — Die Portugiesen nennen es Corpo santo, woraus vielleicht der Name Comasant bei den englischen Schiffern

[1]) Piper, Poggendorff's Ann. Bd. 82, S. 324.

entstanden ist. Die Namen Kastor und Pollux haben sich nicht einmal in einer Korruption erhalten.

15. Verschiedene Schriftsteller haben beweisen wollen, die Alten wären mit den Blitzableitern bekannt gewesen, besonders die Hetrurier, von denen sie die Römer kennen gelernt hätten [1]. Indeſs sind dies doch nur unhaltbare Vermuthungen. Zwar kannten die Alten einige Wirkungen des Blitzes, durch welche sie wohl auf die Ableiter hätten geführt werden können; sie wuſsten z. B., wie **Plinius** erwähnt, daſs der Blitz zuweilen eine Degenklinge schmelze ohne die geringste Wirkung auf die Scheide zu äuſsern, das Geld im Beutel schmelze ohne diesen zu verbrennen, das Eisen eines Wurfspieſses verbrenne ohne das Holz zu verletzen. Allein man kann nicht mit Bestimmtheit nachweisen, daſs sie eine bewuſste Anwendung davon gemacht hätten. Im Gegentheil findet man bei ihnen mehrfache Spuren eines ähnlichen Aberglaubens, wie wir ihn noch heut unter dem Volke antreffen. So glaubten sie, Zeus, der Donnerer, schone den Lorbeerbaum, und daher legten sie Lorbeerzweige auf die Weinfässer und Hühnernester, damit ihnen das Gewitter nicht schade. Der furchtsame Tiberius soll sogar bei Gewittern einen Lorbeerkranz auf den Kopf gesetzt haben.[2]

Bei den Griechen und Römern ist demnach das Dasein einer selbst empirischen Kenntniſs der Schutzkraft, welche metallene Leiter gegen Blitzschläge gewähren, höchst zweifelhaft, dagegen scheint im Orient allerdings eine solche empirische Kenntniſs vorhanden gewesen zu sein.

In dem Werke des **Ktesias**, Leibarztes des persischen Königs Artaxerxes Mnemon, etwa 400 v. Chr., kommt eine Stelle vor, worin gesagt wird, daſs die Inder Eisenstangen in den Boden steckten, um Wolken, Hagel und Blitzstrahlen abzuleiten. **Ktesias** selbst will es zweimal gesehen haben, indeſs muſs bemerkt werden, daſs er diese Eigen-

---

[1]) Ukert, Geogr. d. Griechen u. Römer II a. 140.
[2]) Busch, Handb. d. Erfindungen II, 71.

schaft nicht jedem Eisen zuschreibt, sondern einem gewissen, das sich in Indien am Boden einer Quelle finde, die zugleich flüssiges Gold ausströme [1]). Ueberdies glaubten die Alten, daſs das Eisen gar viele Uebel abwende, gegen Vergiftungen schütze u. s. w.

In neuerer Zeit hat auch der Franzose **Paravay** nachzuweisen gesucht, daſs die Chinesen schon von Alters her zugespitzte Bambusröhre in den Boden gesteckt hätten um Gewitter abzuwehren, und er setzt diese Angabe in Verbindung mit den Spitzen, mit welchen das Dach des Salomonischen Tempels besetzt gewesen sein soll, in denen er gleichfalls Blitzableiter zu erkennen glaubte. Indeſs ist diese Ansicht wohl ebenso schwach begründet als die, daſs die Ketten, mit denen die Thürme der russischen Kirchen geschmückt sind, ursprünglich mit der Absicht, den Blitz abzuwehren, angebracht seien. Es wären dies wenigstens sehr unzweckmäſsige Blitzableiter, da sie nicht bis in den Boden reichen.

Alles zusammengefaſst sieht man, daſs die Nachrichten über Blitzableiter bei den Alten sehr apokryph sind, und am allerwenigsten eine rationelle Kenntniſs von den Ursachen der Wirkungen dieser Instrumente voraussetzen lassen. Nirgend finden wir eine entschiedene Angabe, daſs die Alten das Wesen der Elektricität nur einigermaſsen klar eingesehen hätten. Nicht einmal der Zusammenhang des Gewitters und des Elmsfeuers mit der Anziehung, welche geriebenes Elektron und Lynkurion auf leichte Körper ausüben, ist irgendwo bei ihnen ausgesprochen, und ebenso wenig kannten sie die abstoſsende Wirkung dieser Minerale. Es ist also sicher ganz unbegründet, ihnen jene tiefe Einsicht in das Wesen der elektrischen Polarität zuzuschreiben, welche einzelne neuere Schriftsteller in mythologischen Andeutungen zu erblicken glaubten.

---

[1]) Ukert, Geogr. d. Griechen u. Römer IIa. 140.

Magnetismus.

16. Auch die Lehre vom Magnetismus blieb bei den Alten in der ersten Kindheit; ihre Kenntnisse beschränkten sich hauptsächlich auf den natürlichen Magnet. Von der magnetischen Polarität besaſsen sie nur empirisch einige sehr schwankende Vorstellungen, und die Magnetnadel blieb ihnen ganz unbekannt.

Zwar hat man dies bestreiten wollen und sich zu dem Ende auf mittelalterliche Schriftsteller berufen, auf **Vincent de Beauvais**, welcher gegen 1250 schrieb, und **Albrecht v. Bollstaedt** d. i. **Albertus Magnus**, die das Gegentheil bezeugen. Sie citiren Stellen aus einem arabischen dem **Aristoteles** zugeschriebenen Werk: *Das Buch der Steine*, worin deutlich von der Polarität des Magneten und dessen Gebrauch in der Schifffahrtskunst die Rede ist. Allein der gelehrte Sinolog **Julius Klaproth** hat gezeigt, daſs jene von **Vincent de Beauvais** und **Albrecht v. Bollstaedt** citirten Stellen des arabischen Werks untergeschoben sind, indem sie nicht in der auf der pariser Bibliothek aufbewahrten Handschrift vorkommen, und daſs das in arabischer Sprache auf uns gekommene Werk gar nicht von dem berühmten **Aristoteles** von Stagira herstammt, sondern von einem neueren Griechen gleichen Namens.

Freilich berichtet **Diogenes Laertius**, aber nur dieser allein, daſs auch der berühmte **Aristoteles** ein ähnliches Werk geschrieben habe, jedoch soll dies den Titel: *Ueber den Stein* geführt haben, während der Titel des arabisch auf uns gekommenen *Das Buch der Steine* lautet, und überdies so voller Lächerlichkeiten ist, daſs nicht zu glauben steht, es stamme von jenem erleuchteten Manne ab. Es wird z. B. darin gesagt, der Magnet ziehe Gold und Fleisch an. Auſserdem geht aus unzähligen Stellen der Schriftsteller des klassischen Alterthums hervor, daſs die Schiffer der Römer und Griechen durchaus ganz unbekannt waren mit dem Kompaſs, und daſs, wenn sie auf ihren Reisen sich von den Küsten entfernen muſsten, sie bei Tage sich nach der Sonne und bei Nacht nach den Sternen richteten.

Das Einzige, was den Alten bekannt war, war die magnetische Eigenschaft des natürlichen Magneten, des Magneteisensteins. Ueber die Art, wie die Alten mit ihr bekannt wurden, hat uns **Plinius**[1]) eine Fabel aufbewahrt, die er dem **Nikander**, einem griechischen Arzt zu Pergamum ums J. 160 v. Chr. nacherzählt. Danach soll der Hirte **Magnes** der Entdecker des Magnetsteins gewesen sein, indem er beim Hüten seiner Herde zufällig an einen Ort gerieth, wo die Nägel seiner Sandalen und die Eisenspitze seines Stabes so fest gehalten wurden, dafs er Mühe hatte sich loszureifsen. Er grub nach und fand so den Stein, der nun nach ihm Magnetes genannt wurde.

Andere verlegen diese Fabel nach Indien. Sie ist schon dadurch verdächtig, dafs der Magnetstein in der ältesten Zeit den Namen *Lithos herakleia* führte, d. h. entweder Herkulesstein oder Stein von Heraklea, einer Stadt am Berge Sipylus in Lydien. Diese Stadt scheint später den Namen Magnesia bekommen zu haben, und daher wurde der Stein auch *Magnesia lithos*, Stein von Magnesia, Magnes oder Magnetes genannt. Auch heifst er *Lydia lithos*, *Lydike lithos*, lydischer Stein, später auch *Siderites lithos* wegen seiner eisenartigen Natur oder *Sideragogos*, weil er anzieht. **Aristoteles** nennt ihn schlechtweg ἡ λίθος den Stein.

Der Name Magnes, Magnetes behielt aber später die Oberhand, und dadurch ist bekanntlich der ganze Inbegriff von Erscheinungen, von denen dieser Stein einige zeigt, mit dem Namen des Magnetismus belegt.

Im Allgemeinen wufsten die Alten nur, dafs der natürliche Magnet das Eisen anziehe; von der magnetischen Abstofsung scheinen sie in früherer Zeit keine Kenntnifs gehabt zu haben. Indefs erwähnt doch **Lucrez** (geb. 95 v. Chr.), dafs der Magnet das Eisen nicht nur anziehe, sondern auch abstofse, dafs er auch durch andere Körper hin auf das Eisen wirke, z. B. auf Eisenfeile, die in einem kupfernen Kessel befindlich sei.

---

[1]) Historia nat. lib. XXXVI, cap. 25.

Selbst die alten Aegypter scheinen einige Kenntnifs von der doppelten Wirkung des Magnetsteins gehabt zu haben, denn **Plutarch** (geb. 50 n. Chr. zu Chaeronea, gest. 120 oder 130) erzählt in *De iside et osiride*, sie hätten den Magnet mit dem Namen Sprache des Horus und Sprache des Typhon belegt, es sind aber Horus und Typhon bei ihnen die Symbole der Vereinigung und Trennung in der Natur.

Indefs waren die Alten doch weit entfernt eine gründliche Kenntnifs von der Polarität zu besitzen. Ihr Wissen war ein rein empirisches, von dessen Unvollkommenheit uns die Aeufserung des **Plinius** ein redendes Zeugnifs ablegt, dafs der Diamant dem Magnet seine Kraft gänzlich raube.

Meteorologie.

17. Das bisher Betrachtete gab eine Uebersicht von dem, was die Alten im Bereich der eigentlichen Physik wufsten; wir wollen jetzt einen Blick in ihre meteorologischen Kenntnisse werfen. Bei dem glücklichen Klima, in welchem die Alten lebten, bei ihrem vielfachen Aufenthalt in freier Luft und ihrem aufgeweckten Geiste, kann es nicht in Verwunderung setzen, wenn man sie fast mit allen Erscheinungen bekannt findet, die sich in der Atmosphäre zutragen, und in der That giebt es wenige, die nicht von den Alten beobachtet und beschrieben wären, zum Theil mit solcher Treue, dafs man darüber erstaunen mufs. Sie geben zuweilen Umstände an, die man lange für gleichgültig oder unbedeutend hielt, bis eine tiefere Einsicht lehrte, dafs sie wesentlich für die Entstehung der Phänomene sind. So giebt z. B. **Aristoteles** an, dafs der Thau sich nur in heiteren und windstillen Nächten zeige. Man hat diese Bemerkung lange unbeachtet gelassen, bis man endlich die Ursache der Thaubildung in der Wärmestrahlung gegen den wolkenfreien Himmel fand, und damit einsah, dafs Heiterkeit des Himmels und Ruhe der Luft zwei unumgängliche Bedingungen zum Auftreten dieser Erscheinung sind.

Andererseits würde man aber doch den Alten zu viel Ehre erweisen, wenn man ihre Meteorologie eine wissenschaftliche nennen wollte. Noch jetzt steht die Wissenschaftlichkeit der Meteorologie auf ziemlich schwachen Füſsen, und die der Alten muſste aus zwei nahe liegenden Gründen im Zustand der Kindheit verbleiben. Sie kannten erstlich nur einen verhältniſsmäſsig sehr kleinen Theil der Erdoberfläche, und konnten sich also zu einer Allgemeinheit in der Betrachtung der Erscheinungen gar nicht erheben; mit den groſsen Luftströmungen z. B. vom Aequator zum Pol und zurück blieben sie deshalb ganz unbekannt. Zweitens entbehrten sie aller meteorologischen Instrumente, namentlich der beiden hauptsächlichsten des Barometers und Thermometers, mit deren Erfindung die wissenschaftliche Meteorologie erst beginnt.

Die Meteorologie war eine praktische Witterungskunde, wie wir sie noch heut zu Tage beim Landmann, Jäger und Schiffer antreffen, und auch ebenso vermischt wie diese mit mannichfachen Irrthümern und Vorurtheilen, wie sie denn u. A. glaubten, daſs die Gestirne Einfluſs auf die Witterung ausübten [1]).

Ich will hier nicht alle meteorologischen Phänomene aufzählen, welche die Alten kannten und nicht kannten, sondern nur ein Paar namhaft machen, von denen man nicht glauben würde, daſs sie ihnen bekannt gewesen wären, nämlich das Nordlicht und die Meteorsteine.

Das Nordlicht war **Aristoteles** offenbar bekannt, denn seine Beschreibung von am Himmel gesehenen feurigen Balken, die eine rothe Farbe hätten, paſst ganz auf dieses Meteor. Auch die Angaben von **Seneca**, **Plinius** u. A., es sei hell am Himmel gewesen, daſs die Nacht dem Tage ähnlich war; der Himmel habe gebrannt, sei blutig gewesen u. s. w. lassen sich wohl auf nichts anderes, als auf das Nordlicht beziehen, welches auch bekanntlich in unseren Zeiten bisweilen, wenn auch nur selten, im südlichen Europa gesehen worden ist.

---

[1]) Ukert, Geogr. d. Gr. u. Römer IIa. 158.

Auffallend ist es indefs einigermafsen, dafs während wir so manche Hindeutung auf das Nordlicht bei den Alten finden, sich mit Gewifsheit keine auf das Zodiakallicht bei ihnen nachweisen läfst, da doch dieses Phänomen in südlichen Gegenden ausgebildeter und deutlicher ist wegen des reinen Himmels als bei uns, und die Gelegenheit zu dessen Beobachtung jedenfalls sich häufiger darbietet als die vom Nordlicht [1]).

18. Was die Niederfälle von Meteorsteinen, Meteoriten oder Aerolithen betrifft, so ist der berühmteste im Alterthum der, welcher sich 465 v. Chr. am Aegos Potamos oder Ziegenflufs in Thracien am Hellespont zutrug. Schon **Aristoteles** spricht von ihm und **Plutarch** hat den Stein, der eine sehr bedeutende Gröfse, eine Wagenlast, hatte, so gut beschrieben, als man es von der damaligen Zeit nur erwarten kann. **Plinius** berichtet, es habe **Anaxagoras**, der zur Zeit dieses Meteorfalls lebte, das Ereignifs vorausgesagt; dies ist aber wohl nur so zu verstehen, dafs **Anaxagoras** gesagt hat, es fielen bisweilen solche Steine vom Himmel, denn prophezeien kann bis jetzt noch Niemand dergleichen Ereignisse. Merkwürdig ist hierbei noch die Behauptung von **Anaxagoras**, dafs dergleichen Steine aus der Sonne stammten, eine Behauptung, die, insofern sie den Meteorsteinen einen kosmischen Ursprung ertheilt, mit der zuerst von unserm Landsmann **Chladni** begründeten Lehre zusammenfällt.

Bemerkt zu werden verdient auch noch, dafs die Steine, welche im Orient eine göttliche Verehrung genossen und von den Griechen Bäthylien genannt wurden, aller Wahrscheinlichkeit nach nichts anderes waren als Meteorsteine. Dahin gehört u. A. der von den Muhamedanern für heilig gehaltene Stein in der Kaaba zu Mecca, von dem **Zamhascher**, einer der Kommentatoren des Korans sagt, der Engel Gabriel habe ihn vom Himmel gebracht [2]). Uebri-

---

[1]) Ukert, ibid. IIa. 147.

[2]) Chladni, Ueb. Feuermeteore etc. S. 184.

gens kann nicht jede Nachricht von Steinregen, die bei den Alten vorkommt, auf Meteorsteine bezogen werden, zuweilen sind damit auch nur Hagelfälle bezeichnet.

Dagegen leidet es keinen Zweifel, dafs den Alten auch die Feuerkugeln bekannt gewesen seien, die wenigstens in der Regel nichts anderes sind, als die noch über der Erde schwebenden glühenden Meteorsteine. **Aristoteles** wufste sogar, dafs die Feuerkugeln zuweilen rikochettiren oder Sprünge in ihrem Laufe machen, eine Erscheinung, die aus dem Widerstand der Luft abzuleiten ist, und von den Alten Capra saltans genannt wird. Auch die Chinesen kennen sie und geben ihr den Namen Himmlischer Hund.

Ueberhaupt haben die Alten, wie schon gesagt, die in die Sinne fallenden meteorischen Erscheinungen fast sämmtlich und zwar sehr frühzeitig gekannt, wie man denn namentlich bei den ionischen Philosophen: **Anaximander** (geb. 610 zu Milet, gest. 546, Schüler des **Thales**), **Anaximenes** (aus Milet, um 550 lebend) und **Anaxagoras** (500 zu Klazomenae geb. und 428 gest. zu Lampsacus) zum Theil für ihre Zeit ganz vernünftige Ansichten findet, z. B. über die Winde, die nach ihnen entstehen, wenn die Sonne die feinsten oder feuchtesten Theile der Luft auflöst und in Bewegung setzt, oder die verdichtete Luft verdünnt, wie **Anaximenes** und **Anaxagoras** glaubten. Der Koryphäe unter den Meteorologen des Alterthums ist aber **Aristoteles**, der, wenn er auch die Meteorologie nicht zur Wissenschaft erheben konnte, sie doch durch viele und zum Theil sehr feine Beobachtungen bereicherte.

Physikalische Geographie.

19. Um das Bild von den physikalischen Kenntnissen der Alten zu vollenden, müssen wir noch einen Blick auf den Zustand ihrer physikalischen Geographie werfen. Begreiflich war auch diese, nach heutigem Mafsstab gemessen sehr unvollkommen, besonders in den ersten Jahrhunderten. Dies zeigt sich zunächst in den Vorstellungen der Alten von der Gestalt und Gröfse der Erde, die in den

ältesten Zeiten zum Theil so kindisch waren, dafs sie in späteren Zeiten das Gespött ihrer eigenen Philosophen und Naturforscher wurden.

So lange der Ideenkreis der Alten nicht viel über die Länder hinaus ging, welche das Mittelmeer umsäumen, war ihnen dieses Meer mit seinen Küstenländern und seiner Inselwelt gleichsam das Centrum der Schöpfung. Im Osten liefsen sie die Erde durch Syrien und den Hellespont begränzt sein, im Westen zwei Tagereisen hinter Sicilien endigen, und ohne die Gränzen nach Süden und Norden genau zu bestimmen, gaben sie dem Ganzen die Form einer flachen Scheibe, welche entweder unmittelbar auf hohen Gebirgen das eherne Himmelsgewölbe trug, oder noch erst von einem breiten Strom, dem Okeanos, umflossen ward.

Dies ist das Bild, welches man etwa 1000 bis 900 v. Chr. in den homerischen Gesängen von der Erde aufgestellt findet. Es erhielt sich sehr lange unter den Griechen, nur etwas abgeändert in dem Mafse, als sich ihre Länderkenntnifs erweiterte. Man verschob die Gränzen der Gäa im Westen bis zu den Säulen des Herkules, im Osten bis über den Bosporus hinaus nach Kolchis; man liefs den Himmel auf dem Rücken des mächtigen Atlasgebirges ruhen und die Unterwelt, Hades, Tartarus, durch einen Arm des Okeanos, den Styx, bewässern.

Bei solchen und ähnlichen Abänderungen der anfänglichen Vorstellung blieb indefs die Annahme einer flachen oder scheibenförmigen Gestalt der Erde beibehalten. **Thales** dachte sich das Himmelsgewölbe als eine Hohlkugel zur Hälfte mit Wasser gefüllt, und darauf schwimmend die Erde in Gestalt einer Walze, Säule oder Trommel, oder wie Andere blofs in Bezug auf die Breite sagten, wie ein Platanenblatt oder Brett. Nach **Thales** war also das Weltall gleichsam ein Ei und die Erde der Dotter darin. Einige spätere Schriftsteller haben dem **Thales** zwar gesundere Ansichten unterlegen wollen; allein **Aristoleles** und **Seneca** widersprechen dem ausdrücklich, und dieser Widerspruch

findet in den Lehren der Schüler von **Thales**, soweit wir sie kennen, eine nähere Bestätigung.

Von **Anaximander's** Ideen über die Gestalt der Erde läfst sich zwar nichts Bestimmtes angeben, aber von **Anaximenes**, seinem Freund und Schüler, weifs man, dafs er sich die Erde als eine runde Tischplatte dachte. Aehnlich waren die Meinungen von **Pherecides**, **Leucipp**, **Empedokles** und vielen Anderen. Noch zu **Sokrates** Zeiten (470—400) war es zweifelhaft, ob die Erde flach oder rund sei, denn dieser wandte sich an seinen Lehrer **Anaxagoras** mit der Frage, welche Ansicht er für richtig halte. So viel Schwierigkeit machte die Auffindung einer Wahrheit, die uns, weil wir sie von Jugend auf vernehmen, ganz offen dazuliegen scheint.

20. Wer zuerst die Idee von einer Kugelgestalt der Erde aufgestellt habe, läfst sich nicht mit Bestimmtheit angeben, ebensowenig, wann sie aufgekommen ist. Wahrscheinlich ist sie längst von dem einen oder anderen hellen Kopf gehegt worden, während die Masse noch den Vorstellungen von der flachen oder scheibenförmigen Gestalt anhing. Einige nennen **Thales** als den Urheber der richtigen Ansicht, und dies wäre insofern nicht unglaublich, als derselbe durch längeren Aufenthalt in Aegypten astronomische Kenntnisse eingesammelt hatte, so dafs er angeblich sogar 610 v. Chr. eine Sonnenfinsternifs vorher sagen konnte. Allein **Aristoteles** bestreitet dies und von **Thales** selbst haben wir keine Schriften, die darüber entscheiden könnten.

Andere legen **Pythagoras** die Ehre bei, zuerst die Kugelgestalt der Erde erkannt zu haben, noch Andere dem **Anaxagoras**. Wie dem auch sei, ums Jahr 450 finden sich schon mehrfache Spuren von dieser Lehre, und zu **Plato's** Zeit wurde dieselbe bestimmt von mehreren Philosophen vorgetragen, so namentlich von **Philolaus** und **Eudoxus** von Knidos, wie wohl es von **Plato** selbst zweifelhaft oder unklar ist, was eigentlich seine Meinung war. **Plato**, eigentlich **Aristokles**, war 429 v. Chr. zu Athen geboren und daselbst 348 gestorben.

Zu **Aristoteles** Zeit war die Lehre von der Kugelgestalt schon ganz die herrschende, und er selbst führt mehrere sehr triftige Gründe an, weshalb die Erde diese Gestalt haben müsse, so die Form des Erdschattens bei Mondfinsternissen, die Verschiedenheit in der Lage des Horizonts u. a. m. Auch **Archimedes** lehrte, daſs die Erde und das sie umgebende Wasser wegen der Gestalt der Tropfen die Form einer Kugel habe.

Der Grund, weshalb die Lehre von der Kugelgestalt so spät aufkam und selbst, nachdem sie aufgestellt war, noch Zweifler und Widersacher fand, lag darin, daſs man sich nicht klar zu machen vermochte, was denn die Erde halte, wiewohl diese Frage auch bei der Scheibengestalt der Erde nicht erledigt ward. Die älteren Philosophen der Griechen benahmen sich bei dieser Frage wie die Inder, welche die Erde von einem Elephanten tragen lassen, ohne sich darum zu kümmern, worauf denn dieser seine Füſse setzt. Einige griechische Philosphen lieſsen sie auf Wasser schwimmen, andere, wie **Anaximenes** und **naxagoras** auf verdickter Luft. **Empedokles** lehrte, die Erde werde durch den schnellen Kreislauf des Himmels gehalten, ebenso wie Wasser, das man in einem Gefäſse im Kreise herumschwenkt, und **Xenophanes**, ein Schüler des **Archelaos** durchschnitt den gordischen Knoten damit, daſs er sagte, die Erde falle deshalb nicht, weil ihre Wurzeln sich bis ins Unendliche erstrecken.

Eine genügende Antwort auf die Frage, was denn die Erde im Himmelsraum halte, sind die Alten schuldig geblieben aus dem einfachen Grunde, weil sie der überwiegenden Mehrzahl nach sich zu der Ansicht bekannten, daſs die Erde ruhe, im Weltall still stehe. In dieser freilich sehr irrigen Ansicht haben Einige indeſs auf jene Frage eine Antwort gegeben, die ganz plausibel erscheint, und daher auch von ihren gröſsten Astronomen und Mathematikern angenommen wurde. Sie sagten, das Himmelsgewölbe ist eine massive Hohlkugel, in deren Mitte sich die Erde befindet. Warum sollte die Erde fallen; es ist

ja kein Grund vorhanden, warum sie eher nach der einen Richtung als nach der andern fallen sollte. Sie muſs von selbst schweben bleiben, sie braucht nicht gehalten zu werden.

Diese Ansicht findet sich schon bei **Anaximander**, und hat sich noch erhalten bis herab zum letzten und ausgezeichnetsten Astronomen der Griechen **Ptolemaeus**. Einzelne Männer waren zwar anderer Meinung, wie ich sogleich etwas näher auseinander setzen werde, allein sie drangen nicht durch. Die Mehrzahl der Alten und darunter grade die Männer von Fach, die Mathematiker, Astronomen und Geographen blieben der Lehre zugethan, daſs die Erde im Mittelpunkt des Weltalls ruhe, und der Himmel sich um sie drehe.

Gröſse der Erde.

21. Nachdem die Alten zu der Einsicht gelangt waren, daſs die Erde eine Kugelgestalt besitzen müsse, suchten sie die Gröſse dieser Kugel zu bestimmen. Schon vor **Aristoteles** scheinen dergleichen Versuche gemacht worden zu sein, denn er sagt in seinem Buche *De Coelo*, es hätten alle Mathematiker den Umfang der Erde = 400000 Stadien gefunden. Wie man zu diesem Resultat gelangt ist, giebt er nicht an; jedenfalls ist es sehr unrichtig, fast doppelt so groſs als es sein müſste. **Archimedes** setzt den Umfang der Erde auf 300000 Stadien. Es war dies die gewöhnliche Annahme zu seiner Zeit, die, wie man meint, von einem seiner Zeitgenossen **Aristarch** von Samos herrührt, einem geistreichen und geschickten Beobachter, der im J. 267 v. Chr. auf der Insel Samos geboren wurde. Ob diese Angabe mehr als eine Schätzung war, wissen wir nicht; jedenfalls ist auch sie noch bedeutend zu groſs, wenn man in runder Zahl das Stadium = $\frac{1}{40}$ geogr. Meile setzt.

Die erste historisch nachgewiesene Messung der Erde unternahm **Eratosthenes** (geb. zu Alexandrien 276 v. Chr.), ein vielseitig gebildeter Mann, der zugleich Philosoph,

Literat, Dichter, Mathematiker und Astronom war, und an der grofsen Bibliothek zu Alexandrien das Amt eines Bibliothekars verwaltete. Er glaubte beobachtet zu haben, dafs die Stadt Syene in Ober-Aegypten genau unter dem nördlichen Wendekreis liege, d. h. dafs daselbst zur Zeit des Sommersolstitiums am Mittage die Sonne genau im Zenith stehe, also der Stift des Gnomons keinen Schatten werfe. Er glaubte ferner gefunden zu haben, dafs Alexandrien mit Syene genau in einem Meridian liege, und dafs daselbst zur Zeit des Sommersolstitiums am Mittage die Sonne um $\frac{1}{50}$ der Peripherie (7° 12') vom Zenith entfernt bleibe. Er setzt die Entfernung beider Städte = 5000 Stadien. Dies wäre nun auch nach seiner astronomischen Beobachtung = $\frac{1}{50}$ des Umfangs der Erde, und der gesammte Umfang betrüge hiernach also 250 000 Stadien.

In dieser Messung ist mehreres ungewifs und ungenau. Was war ein Stadium? nach Einigen gab es zweierlei Stadien, ein ägyptisches = 50 Toisen oder 300 par. Fufs, und ein olympisches = 95 Toisen oder 570 par. Fufs d. i. etwa $\frac{1}{40}$ geogr. Meile. Es fragt sich nun, selbst bei der Annahme, dafs es nur ein Stadium, das griechische, gab, wie mafs **Eratosthenes** die Entfernung beider Städte? am wahrscheinlichsten durch die Zeit nach Reiseberichten. Ferner lag Syene nicht im Meridian von Alexandrien, sondern 3° östlich, und endlich war der Parallelismus der Sonnenstrahlen eine Hypothese. Auf jeden Fall ist das Resultat etwas zu grofs, der Grad wäre danach 63 000 Toisen, während er in Wahrheit etwa 57 000 Toisen ist. Dennoch erlangte diese Messung im Alterthum eine grofse Berühmtheit und das mit allem Recht, denn jeder Schritt zu einer neuen Bahn verdient die höchste Anerkennung.

Etwa zwei Hundert Jahre nach **Eratosthenes** stellte **Posidonius** eine ähnliche Messung an. Derselbe war zu Apamea in Syrien 103 v. Chr. geboren, lehrte zu Rhodus stoische Philosophie und starb in Rom zu Zeiten **Cicero**'s, mit dem er befreundet war. Seine Messung beruhte auf keinem neuen Princip und besafs auch an Genauigkeit

keinen Vorzug. **Posidonius** glaubte beobachtet zu haben, daſs der Stern Kanopus im Schiffe Argo, der zur Zeit seiner Kulmination den Horizont der Stadt Rhodus auf der gleichnamigen Insel so eben berührte, zu derselben Zeit in Alexandrien um $\frac{1}{48}$ der Kreisperipherie über dem Horizonte stehe. Die Entfernung zwischen Rhodus und Alexandrien setzte er ebenfalls auf 5000 Stadien, wonach also der gesammte Umfang der Erde 240000 Stadien betragen würde.

Nach **Strabo** hat **Posidonius** später seine Messung berichtigt, indem er gefunden, daſs die Entfernung zwischen Rhodus und Alexandrien nur 3750 Stadien betrug. Danach wäre der Erdumfang 180000 Stadien, ein offenbar richtigeres Resultat, das sich auch in der Geographie von **Ptolemaeus** findet, ohne daſs man weiſs, woher er diese Zahl genommen hat.

22. Nachdem sich bei den Alten die Ansichten über die Gestalt und Gröſse der Erde geläutert hatten, bildeten sich auch ihre Kenntnisse in den übrigen Zweigen der physikalischen Geographie mehr aus, namentlich in denjenigen, die man jetzt unter dem Namen der mathematischen Geographie zusammenfaſst. Wir finden sie namentlich ausgebildet bei **Eratosthenes, Posidonius, Geminus** (77 v. Chr.), **Ptolemaeus**. Die Unterscheidung zweier Pole, des Aequators, der Wendekreise, der arktischen Kreise, der Längen- und Breitengrade, der Zonen u. s. w. schreibt sich aus den Werken dieser Alten her, wie sie auch die ersten Versuche machten die Oberfläche der Erde auf Globen und Planigloben darzustellen. Sie sahen auch ein, daſs der ihnen bekannte Theil der Erde nur ein kleiner Theil der gesammten Erdoberfläche sei, und der Umstand, daſs dieser Theil mehr lang als breit war, hat eben zu den Namen geographische Länge und Breite Anlaſs gegeben.

Von den fünf Zonen, welche sie annahmen, hielten sie nur die beiden gemäſsigten, welche durch die heiſse getrennt waren, für bewohnt. Wiewohl sie also der Bewohnbarkeit der Erde Gränzen steckten, die wir jetzt nach

Norden und Süden weit überschritten finden, so liefsen sie doch die Möglichkeit von Bewohnern zu, die nur diametral gegenüber lebten und ihre Füfse den unsrigen zukehrten, sie statuirten also Antipoden. Die Lehre von Antipoden findet sich schon bei **Plato**, und einige schreiben sie sogar dem **Pythagoras** zu.

Aber neben diesen ganz richtigen Ansichten finden wir auch sehr viele Irrthümer und Vorurtheile. So z. B. sind sie offenbar über das wichtigste astronomische Phänomen für die Physik der Erde, über die Jahreszeiten, nicht ins Klare gekommen. Abgesehen nämlich davon, dafs sie das scheinbare Auf- und Absteigen der Sonne für eine wahrhafte Bewegung dieses Gestirns in Richtung des Meridians ausgaben, und über den Grund dieser Bewegung keine Auskunft zu geben vermochten, hatten sie auch eine falsche Vorstellung über die Ursache der mit diesem Auf- und Absteigen verknüpften Temperaturschwankungen. Sie schrieben diese einer periodischen Veränderung in dem Abstande der Sonne von der Erde zu, während sie in Wirklichkeit blofs von der verschiedenen Neigung der Sonnenstrahlen gegen den Horizont oder die Erdaxe herrührt.

23. Ebenso unvollkommen blieb bei den Alten die physikalische Geographie im engeren Sinne des Worts, die Lehre von den physikalischen Erscheinungen auf der Oberfläche der Erde, soweit sie das Land und das Wasser betrifft. Sie hatte ungefähr gleichen Charakter mit ihrer Meteorologie, d. h. sie kannten historisch und empirisch die meisten der hierher gehörigen Erscheinungen, verstanden aber nicht, sie zu verknüpfen und auf ihre Ursachen zurückzuführen.

Eine Geologie, die da Rechenschaft gegeben hätte von der Entstehung der Gebirge, der Vulkane, Erdbeben und ähnlichen Erscheinungen, existirte noch nicht bei ihnen, oder es waren die Bemühungen so unvollkommen und verkehrt, dafs sie für die Folgezeit von keinem Einflufs auf den Gang der Wissenschaft wurden. Allenfalls könnte

man hierher die Lehre vom Centralfeuer rechnen, die in neuerer Zeit, freilich in sehr geläuterter Gestalt, zu großem Ansehen gelangt ist. Uebrigens maßen die Alten schon Berghöhen mit Winkelinstrumenten, die Dioptern hatten. Eratosthenes, Ptolemaeus u. A. geben an, daß kein Berg höher als 10 bis 15 Stadien sei, was wenigstens richtiger ist als die Angabe von Plinius, daß mehrere Spitzen der Alpen eine Höhe von 50 Millien d. i. 10 geogr. Meilen besäßen.

24. Sonstige Gegenstände ihres Nachdenkens waren die Flüsse, die Seen, das Meer, besonders die Quellen, über deren Entstehung sie mancherlei Hypothesen aufstellten. Auch die Erscheinung der Ebbe und Fluth entging ihnen nicht, wiewohl sie erst ziemlich spät mit derselben bekannt wurden, da das mittelländische Meer ihnen keine Gelegenheit gab, dieses Phänomen zu beobachten.

Angeblich ist Pytheas aus Massilien, dem heutigen Marseille, einer griechischen Kolonie, der erste Grieche gewesen, der Ebbe und Fluth aus eigener Anschauung kennen lernte. Er lebte zur Zeit Alexanders des Großen und machte eine Reise hoch nach dem Norden, bis zur Insel Thule, vermuthlich dem heutigen Island, da er angiebt, in einem Lande gewesen zu sein, wo die Sonne zur Zeit des Sommersolstitiums nicht untergehe oder den Horizont in der Nacht eben berühre. Auf dieser Reise beobachtete er das Phänomen der Ebbe und Fluth, und was wichtiger als das ist, er sah auch dessen Zusammenhang mit dem Gang des Mondes ein. So wie indeß Plutarch und Plinius die Sache berichten, hätte Pytheas eine sehr unrichtige Meinung von dem Einfluß des Mondes gehabt, denn diese lassen ihn die Fluth von dem Vollmond und die Ebbe vom Neumond ableiten. Vermuthlich haben aber Plutarch und Plinius den Pytheas mißverstanden, denn daß die Fluth nicht einmal monatlich, sondern täglich zweimal eintrete, konnte ihm unmöglich entgangen sein.

Ueberhaupt war den Griechen bis zu den Zeiten Alexanders des Großen das Phänomen der periodischen

Meeresoscillationen wenig bekannt. Man weifs, wie sehr die Krieger Alexanders erstaunten, als sie an den Küsten Indiens das Meer sich in dem Grade zurückziehen sahen, dafs die Schiffe aufs Trockne gesetzt wurden; und wenn man auch dieses Zeugnifs nicht hoch in Anschlag bringen will, da es sehr wohl möglich wäre, dafs den Feldherren und Kriegsleuten unbekannt blieb, was die Philosophen und Naturforscher schon längst wufsten, so ist es doch auffallend, dafs in den auf uns gekommenen Schriften des **Aristoteles** nichts über Ebbe und Fluth zu finden ist. Dagegen waren die späteren Griechen und die Römer mit dem Phänomen näher bekannt, wozu wohl die Kriege in Iberien, Gallien und Britannien Veranlassung gaben. Caesar spricht im vierten Buch seines gallischen Krieges davon. Ja, wenn es gegründet ist, was **Strabo** (geb. 19 n. Chr. zu Amasia in Kappadocien) erzählt, so hätte man lange vor **Pytheas** eine vollkommenere Kenntnifs von Ebbe und Fluth gehabt als diesem scheint zugeschrieben werden zu können. Nach **Strabo** hätten nämlich die Phönicier schon gewufst, dafs es in den periodischen Oscillationen drei Perioden gebe: 1) tägliche nach dem Durchgang des Mondes durch den Meridian unten und oben; 2) monatliche, zufolge denen die stärksten Fluthen zur Zeit des Voll- und Neumondes, die schwächsten zur Zeit des ersten und letzten Viertels, eigentlich $1\frac{1}{2}$ Tage später, eintreten; 3) jährliche, zufolge welchen in den Aequinoktien die Fluthen zur Zeit der Syzygien stärker als in den Quadraturen seien und umgekehrt.

Möglich ist dies wohl, da bekanntlich die Phönicier schon sehr frühzeitig durch die Säulen des Herkules zu den kassideritischen Inseln d. i. Britannien schifften, um Zinn zu holen. Es legt ein gutes Zeugnifs von ihrer Beobachtungsgabe ab, kann uns aber doch nicht veranlassen, ihnen eine gründliche Einsicht in die Ursache des Phänomens zuzuschreiben, denn dazu sind anderweitige Kenntnisse, die Kenntnifs der allgemeinen Gravitation erforderlich, welche den Alten vollkommen unbekannt blieb.

Zweiter Zeitraum.

Von der Zerstörung Alexandriens bis zur Stiftung der Akademien im XVII. Jahrhundert.

25. Die Eroberung von Alexandrien und die Vernichtung der dortigen Bibliothek kann als das Ereigniſs betrachtet werden, mit welchem die klassische Bildung ihren Untergang nahm oder ihren letzten Stützpunkt verlor. Man muſs indeſs nicht glauben, als sei damit all und jede Spur dieser Bildung ausgerottet worden, denn einerseits überlebten mehrere der alexandrinischen Gelehrten dieses tragische Ereigniſs, andererseits lebten in dem weiten byzantinischen Reich immer noch einige Männer von wissenschaftlicher Bildung, nur lebten sie vereinzelt und zerstreut.

Man kann den groſsen nun folgenden mehr als tausendjährigen Zeitraum ganz füglich in zwei kleinere Perioden zerfällen, die sowohl ihrem Geiste wie ihrem Gehalte nach sehr wesentlich verschieden sind. Die erste umfaſst die Leistungen der Araber von ihrem ersten Auftreten auf dem Felde der Wissenschaft an bis zu ihrem Rücksinken in den Zustand der politischen und geistigen Bedeutungslosigkeit. Die zweite beginnt mit dem Wiederaufleben der Wissenschaften in Europa, wie sie namentlich zu Anfang des XIII. Jahrhunderts durch die Gründung der Universitäten näher bezeichnet wird, und sie reicht in immer steigender Entwickelung bis zu Ende des von uns betrachteten Zeitraums.

Erste oder arabische Periode.

26. Der wunderbare Impuls, welchen **Mahomet** seinen Landsleuten einzuprägen gewufst hatte, machte diese in den ersten 150 Jahren nach seinem im J. 632 erfolgten Tode zu einem rein erobernden Volke. Gleich einem verheerenden Strome ergofs es sich nach allen Seiten über die Gränzen seines Heimathlandes, um der neuen Lehre mit dem Schwerte Bahn zu brechen. Es entrifs in Asien dem byzantinischen Reiche eine Provinz nach der andern, eroberte Persien, fiel in Aegypten ein, unterjochte mit diesem das ganze nordafrikanische Küstenland, und machte sich Spanien bis auf die kleine Provinz Asturien unterwürfig; so innerhalb eines einzigen Jahrhunderts ein Reich begründend, das an Umfang und Ausdehnung sogar noch das alte Römerreich überbot.

Gegen das Ende des VIII. Jahrhunderts, da innere Zerwürfnisse schon an der Auflösung des grofsen Reiches nagten, und einzelne Provinzen sich bereits als selbstständige Staaten von dem Ganzen abgetrennt hatten, legte oder mäfsigte sich diese wilde Eroberungssucht und es erwachte ein Sinn für Kunst und Wissenschaft bei den Arabern, der eine um so merkwürdigere Erscheinung ist, als er weder vor noch nach der Zeit bei diesem Volke angetroffen wird. Das Vorübergehende dieser Erscheinung wird indefs erklärlich, wenn man erwägt, dafs diese Kultur sich nicht von unten herauf in der Masse des Volks ausbildete, sondern nur von oben her geweckt und gepflegt wurde. Es waren die Höfe der Kalifen und Fürsten, wo die Wissenschaften zuerst eine Freistätte fanden, und auf längere Zeit sich erhielten. Von da aus gingen sie später allerdings in gröfsere Kreise über, ohne jedoch bei dem jeder freien Geistesrichtung so feindseligen Islam in dem Volke diejenige breite und feste Basis zu gewinnen, welche zu einer dauernden und erfolgreichen Kultur derselben schlechterdings nothwendig ist. Die Wissenschaft war und blieb bei den Arabern eine Treibhauspflanze, die verdorrte, sobald der Gärtner seine Hand von ihr abzog.

Die Kalifen des ersten Jahrhunderts der Hegira waren zu gute Moslemins, als dafs sie von den verhafsten und verachteten Christen hätten etwas annehmen sollen. Bekannt ist die Erzählung, dafs der Kalif **Omar** auf die Frage des Kommandanten von Alexandrien, was mit der grofsen Büchersammlung daselbst anzufangen sei, ihre Vernichtung anbefohlen habe, weil in diesen Schriften entweder stehe, was im Koran enthalten ist, und sie dann überflüssig seien, oder sie etwas anderes enthielten, und dann gottlos wären. Mag diese Geschichte auch zweifelhaft sein, so widerspricht sie doch nicht dem Charakter des Kalifen und seiner Zeit.

Als indefs die Familie der Abassiden den Thron bestieg, änderte sich dies ungünstige Verhältnifs. Durch Griechen aus den unterjochten Provinzen, die schon seit geraumer Zeit in nicht unbeträchtlicher Zahl Dienste bei ihnen genommen hatten, waren sie mit der Weisheit der Alten bekannt geworden; sie gewannen Geschmack an den Wissenschaften in dem Grade, dafs sie, nachdem sie zur Herrschaft gelangt waren, sich zu Beschützern derselben aufwarfen.

27. Der erste auf dieser rühmlichen Bahn war **Abu Giafar**, gewöhnlich **Al Mansur** der Sieghafte genannt. Er selbst, wohl bewandert in der Philosophie und Astronomie der Alten, berief von nah und fern Gelehrte an seinen glänzenden Hof und machte dadurch Bagdad, das er 764 erbaut hatte, zum Mittelpunkt einer Kultur, die von hier aus mehr denn hundert Jahre sich über das ganze Saracenen-Reich verbreitete. Noch mehr in diesem Sinne wirkte **Harun al Raschid** d. i. Aron der Gerechte, der von 786 bis 809 regierte. Er fuhr fort Gelehrte nach Bagdad zu berufen, liefs von ihnen die vorzüglichsten Werke der Alten ins Arabische übersetzen und was noch mehr sagen will, sorgte dafür, dafs diese Uebersetzungen durch zahlreiche Abschriften unter das Volk verbreitet wurden. Er stand auch mit Karl dem Gr. in Verbindung, welchem er zu seiner Kaiserkrönung werthvolle Geschenke sandte, worunter besonders eine Wasseruhr merkwürdig war, welche

einen Zeiger hatte und den Wechsel der Stunden durch kleine Kugeln angab, welche klingend auf eine Metallplatte fielen [1]).

Ganz besonders zeichnete sich der Kalif **Abdallah al Mamun** aus, der zweite Sohn von **Harun al Raschid**, welcher 813 den Thron bestieg. Er selbst war durch einen christlichen Arzt **Joh. Mesua**, einen Griechen, in den Wissenschaften unterrichtet, und sowie er zur Regierung gelangte, ging sein eifriges Bestreben dahin, dieselben zu beschützen und unter seinem Volk zu verbreiten. Er gründete Schulen und Bibliotheken zu Bagdad, Bassora, Bochara, Kufa, Alexandrien und Kahira. Als ein namhafter Beweis seiner Liebe zu den Wissenschaften mag angeführt werden, daſs er in einem Frieden, den er als Sieger mit dem byzantinischen Kaiser Michael III. abschloſs, diesem die Bedingung machte, ihm Exemplare von allen griechischen Werken zu überliefern. Auf seine Veranlassung wurde auch im J. 827 eine Gradmessung in der Wüste Singar am Arabischen Meerbusen ausgeführt, deren Resultate weiterhin angegeben sind.

Auch unter den Nachfolgern **Al Mamun**'s finden sich Fürsten von gleichem Geiste, und wohl läſst sich glauben, daſs bei längerem Bestande des Kalifats auch die Früchte dieses rühmlichen Strebens nachhaltiger gewesen wären. Sowie auf solche Weise die Abassiden im Orient die Wissenschaft schützten und pflegten, so errichteten ihr die Ommajaden in Spanien eine zweite Freistätte, welche an Dauer und besonders an Einfluſs auf das christliche Europa jene am Euphrat bei Weitem überbot.

Was Bagdad für den Orient war, das wurde Cordova für Spanien, nachdem **Abdurrhaman** I. es zur Hauptstadt eines unabhängigen Kalifats im J. 756 erhoben hatte. Von dieser Zeit an bis ins X. Jahrhundert regierten nacheinander drei **Abdurrhaman** und ein **Al Hakem** mit solcher Milde und Weisheit, daſs wahrscheinlich Spanien niemals so glücklich gewesen ist unter einem christlichen Fürsten.

---

[1]) Becker, Weltgesch. V, 171; dritte Aufl. v. Ed. Arnd.

Al Hakem gründete die hohe Schule zu Cordova, die bald eine solche Berühmtheit erlangte, dass nicht nur die arabische Jugend von nah und fern zu ihr hinströmte, sondern man auch sogar von 900 an aus dem christlichen Europa, aus Frankreich, England, Italien und Deutschland dahin reiste, um die von den Arabern konservirte Weisheit der Alten zu studiren, namentlich aristotelische Philosophie, Mathematik und Medicin. Im X. Jahrhundert enthielt die Bibliothek zu Cordova 280000 Bände, und der Katalog derselben füllte nicht weniger als 44 Bände. Als Ferdinand der Heilige nach langem Kampf mit den Mauren 1236 Cordova eroberte, wurde diese berühmte Bibliothek, die grösseste der damaligen Welt, die einen so überaus reichen Schatz von Werken des Alterthums in Uebersetzungen enthielt, auf Befehl des Kardinals **Ximenes** den Flammen überliefert [1]). Sevilla, Toledo, Murcia hatten ebenfalls ihre hohen Schulen und Bibliotheken, die unter den Arabern zur Berühmtheit gelangten. Im XII. Jahrhundert zählte man in dem ihnen unterwürfigen Theil von Spanien 14 hohe Schulen und 70 öffentliche Bibliotheken, und hiermit parallel ging die Zahl der Autoren, an welche freilich wir wohl nicht immer den heutigen Maſsstab anlegen dürfen. Cordova zählte 150 Autoren, Almeria 52, Murcia 62.

28. Wären die Fortschritte der Wissenschaften unter den Arabern proportional gewesen der Zahl derer, welche sie kultivirten, so würden wir ihnen unsere Bewunderung nicht versagen können. Allein mit Bedauern muſs man bekennen, daſs ungeachtet der erleuchteten Absichten mehrerer ihrer Kalifen, ungeachtet der groſsen Zahl von hohen Schulen und Bibliotheken und der auſserordentlichen Menge von Schriftstellern, die Wissenschaften dennoch unter der Hand dieses Volkes nur wenig gefördert wurden.

Das Hauptverdienst der Araber, was ihnen schon allein gerechten Anspruch auf den Dank der Nachwelt erwirbt, bestand, wie schon erwähnt, darin, daſs sie die Weisheit

---

[1]) Höfer, Histoire de la Chimie I, 205.

der alten Griechen bewahrten und vor dem Untergang retteten. Was sie aus sich selbst hinzufügten, war wenig, vielleicht weniger, als es uns heut zu Tage erscheint, da sie hin und wieder aus Quellen geschöpft haben, die uns nicht bekannt sind.

Von verschiedenen Erfindungen wenigstens, die man wohl früher den Arabern zuschrieb, hauptsächlich deshalb, weil wir sie von ihnen und mit arabischen Namen belegt erhielten, ist es später erwiesen, daſs sie nicht arabischen Ursprungs sind, sondern von östlichen Völkern, Indern und Chinesen herstammen. Dies gilt namentlich von unserem gegenwärtigen Zahlensystem, von der Algebra, der Bussole, dem Schieſspulver, Lumpenpapier, Alkohol u. s. w.; die Ziffern empfingen die Araber nach **Humboldt**[1]) im VI. Jahrhundert der Hegira von den Persern. Bei diesen und ähnlichen Erfindungen waren die Araber nur die Vermittler, welche Europa mit den Künsten des fernen Orients bekannt machten, und die Wissenschaften, welche sie kultivirten, waren im Grunde dieselben, denen die Alten oblagen, nämlich auſser Philosophie, die Mathematik, Astronomie, Geographie, Physik und Medicin.

Auſserdem finden wir noch eine Wissenschaft bei ihnen, über welche die Alten uns keine Werke hinterlassen haben, und welche man daher wohl als ein Erzeugniſs der Araber angesehen hat, nämlich die Chemie oder Alchemie.

Chemie.

29. Die Chemie, die man von allgemeinem Gesichtspunkt aufgefaſst, offenbar nur für einen Zweig der Physik gelten lassen kann, ist hinsichtlich ihres Ursprungs sehr dunkel. Chemische Künste, die Gewinnung und Bearbeitung der Metalle, die Bereitung von Glas, Seife, Brod, Bier, Farben, Medikamenten u. s. w. sind von den Römern und Griechen und lange vor beiden von den Aegyptern vielfach betrieben worden. Allein von einer einigermaſsen

[1]) N. Quat. Journ. VII, 310.

wissenschaftlichen Erkennung der hierbei obwaltenden Operationen, von einer Systematisirung der hierzu erforderlichen Kenntnisse findet sich bei den Alten keine Spur. Selbst das Wort Chemie kommt bis zu **Plinius** Zeiten und später nicht vor; wann dasselbe sowie das verwandte Wort Alchemie nebst dem damit verknüpften Begriff der Metallveredlung und Metallverwandlung eigentlich aufgekommen, läſst sich nicht mit Bestimmtheit entscheiden, aber es giebt hinreichende Gründe zu der Annahme, daſs beides, Wort und Sache, lange vor dem Einfall der Araber in Aegypten in diesem Lande existirte.

So hat der Lexikograph **Suidas**, der im XI. Jahrhundert zu Byzanz lebte und ein umfangreiches Realwörterbuch schrieb, in diesem einen Artikel χημεια und darunter die Erzählung: Kaiser Diokletian habe im J. 296 nach Besiegung der empörten Aegypter diesen ihre Bücher, die von der Zubereitung des Goldes und Silbers handelten, περὶ χημίαν χρυσοῦ καὶ ἀργυροῦ, verbrennen lassen, damit sie nicht zu reich würden und abermals Lust zu Aufständen bekämen.

Dasselbe berichtet **Johannes** von Antiochien, der im VII. Jahrhundert lebte. Das Dekret findet sich indeſs nicht in den durch Justinian veranlaſsten Digesten, wie jenes, welches derselbe Kaiser auf die Mathematiker, Astrologen und mystischen Uebelthäter herabschleuderte. Man hat daher die Richtigkeit der Angabe und somit das Hinaufreichen der Chemie bis in jene Zeit bezweifeln wollen, allein es giebt doch noch anderweitige unverdächtige Zeugnisse, welche dieselbe bestätigen. So kommt das Wort Chemie schon bei **Zosimos** von Panopolis vor, einem Griechen, der in der ersten Hälfte des V. Jahrhunderts zu Alexandrien lebte, und viele, angeblich 21 oder 28 Schriften chemischen und alchemistischen Inhalts verfaſste. Noch früher im II. Jahrhundert spricht **Alexander Aphrodisiensis**, der berühmte Kommentator des **Aristoteles**, von chyischen oder chymischen Instrumenten, Διὰ χυικῶν ὀργάνων, bei Gelegenheit, wo von Schmelzen und Kalciniren die Rede ist. Ein

noch älteres Zeugniſs liefert **Jul. Maternus**, ein römischer Schriftsteller unter der Regierung Konstantin's des Gr., also zu Ende des III. und Anfang des IV. Jahrhunderts; derselbe spricht von der scientia chymiae, wie die Handschriften haben, während in den späteren Druckschriften alchemiae steht.

30. Offenbar sind die Wörter χημία oder χημεία älter als das Wort Alchemia, und wahrscheinlich ist letzteres nur aus ersteren gebildet durch Vorsetzung des arabischen Artikels al, um dem Worte eine gröſsere Wichtigkeit zu verleihen, wie das in mehreren Fällen geschehen ist. So ist das Wort Alembic, Helm, gebildet aus Al und ambix (ἄμβιξ Topf, Destillirhelm) oder ambica von ἀμβίκα, welches schon **Dioskorides** gebraucht. Derselbe, ein griechischer Arzt aus Anazarbus (Caesarea augusta) in Cilicien im I. Jahrh. n. Chr., Verfasser einer Materia medica, bezeichnet damit das Gefäſs, in welchem bei der Destillation des Quecksilbers aus Zinnober die Dämpfe aufgefangen wurden. — Alembroth, Salz, Salz der Weisheit, von Al und ambrotos (ἄμβροτος göttlich) — Alkahest, ein eingebildetes allgemeines Auflösungsmittel, nach welchem die früheren Chemiker eifrig suchten, von Al und kaustes (καύστης der Verbrenner).

Selbst auſserhalb des Bereichs der Chemie giebt es Wörter von arabischem Klange, die nicht für arabische zu halten sind. So ist es nach einer sehr zuverlässigen Autorität, nach dem Urtheile unseres Chronologen **Ideler** sehr zweifelhaft, daſs das Wort Almanach arabischen Ursprungs sei, denn es findet sich schon in einem auf uns gekommenen Bruchstück des **Porphyrios** aus dem III. Jahrhundert, und bedeutet darin eine astrologische Ephemeride.

So verhält es sich nun auch mit dem Worte Alchemie; es ist sicher nicht arabischer Abkunft, wahrscheinlich ist es aus Al und Chemia zusammengesetzt. Es kann aber auch eine andere Bewandtniſs damit haben. Einige griechische Schriftsteller haben statt ἀλχημεια beständig ἀρχημεια, und letztere Schreibart hat sich geraume Zeit im

Mittelalter erhalten, so dafs man auch lange im Französischen Arquemie schrieb. Dies hat denn die Vermuthung erregt, Archymia sey aus Ars chymiae entstanden, und dies habe dann später bei der überhaupt in Sprachen so häufigen Verwechselung von r und l zu dem Worte Alchymia Anlafs gegeben.

Was nun den Ursprung des Wortes Chemie betrifft, so sind die Meinungen darüber ebenfalls getheilt. Die Wörter χυικὰ ὀργάνα, die **Alexander Aphrodisiensis** bei Gelegenheit der Beschreibung des Schmelzprocesses gebraucht, hat Einige auf die Ansicht gebracht, es käme von χέω, χύσω, ich schmelze. Andere haben in dem Worte χυμεία, welches in einer Stelle bei **Suidas** vorkommt, eine Anspielung auf den Saft der Pflanzen χυμός finden wollen; allein ohne Grund, denn χυμεία ist nur durch einen Fehler des Abschreibers entstanden, an allen übrigen Stellen findet es sich nicht, auch hat die Chemie erweislich nicht mit den Pflanzensäften begonnen, sondern mit den Metallen und deren Oxyden.

Am wahrscheinlichsten ist die Ansicht von **Alexander v. Humboldt**, daſs das Wort Chemie von dem Namen komme, den die Aegypter ihrem Lande gaben. Nach **Plutarch**[1]) nannten sie es Chemie, χημία, und zwar wegen seines schwarzen Erdreichs; ebenso nannten sie das Schwarze im Auge, und noch gegenwärtig heifst cham im Koptischen schwarz. In den Psalmen, namentlich dem 105ten, wird Aegypten cham, chami, chemi genannt. Die berühmte Inschrift von Rosette nennt es chmi, auch hiefs Aegypten Hermochymios. Das schwarze Land Aegypten ist in Cham oder Ham personificirt worden, und daher rühren die alten Etymologien des Wortes Chemie als einer von Cham erfundenen Wissenschaft.

Die geheimnifsvolle Wissenschaft, welche von der Zersetzung und Verwandlung der Körper handelte, sagt **Alex. v. Humboldt**, erhielt also den Namen des Landes, in wel-

[1]) De iside et osiride cap. 33.

chem sie zuerst mit besonderem Eifer betrieben wurde. Es war die Wissenschaft von Chemi oder dem schwarzen Lande; es war die Wissenschaft Aegyptens. Wenn es mit dieser Deduktion seine Richtigkeit hat, so erklären sich auch ungezwungen die lange im Deutschen üblichen Benennungen Schwarzkunst, Schwarzkünstler.

Uebrigens führte die Chemie im Alterthum wie im Mittelalter häufig auch andere Namen. Sie hieſs die heilige, göttliche, geheime Wissenschaft, die Wissenschaft des That oder des Hermes, letzteren vom Hermes trismegistos, dem dreimalgröſsten, dem fabelhaften König der Aegypter, den diese als Erfinder aller Künste und namentlich der Chemie betrachteten.

Das, was gegenwärtig unter Alchemie verstanden wird und in früheren Zeiten so gut als synonym mit Chemie war, nämlich die angebliche Kunst des Goldmachens, kannten die Alten bis zum III. Jahrh. n. Chr. noch nicht, bei **Plinius** z. B. kommt nichts dem Aehnliches vor. Name und Sache erscheinen erst unter Konstantin dem Groſsen, und sind an Alter vielleicht nicht sehr verschieden. Von da an läſst sich eine ganz beträchtliche Zahl von Schriftstellern nennen, die von der Kunst der Metallveredlung reden und bezeugen, daſs sie lange vor dem Einfall der Araber in Aegypten daselbst fleiſsig von den Griechen geübt wurde.

Geber.

31. Haben nun die Araber keinen oder wenigstens einen sehr zweifelhaften Anspruch auf die Erfindung der Chemie, so muſs man ihnen doch die Ehre lassen, daſs der erste Chemiker im eigentlichen Sinne des Worts in ihrer Sprache lehrte und schrieb. Wir nennen diesen Mann gewöhnlich **Geber**, die Araber dagegen Giafar oder vollständig Abu Mussah Giafar al Sofi auch Giabr. Er ist unter den chemischen Schriftstellern der Araber einer der ersten und im Grunde der einzige; denn wiewohl die Anzahl derer, die nach ihm unter diesem Volke über chemi-

sche Gegenstände schrieben, sehr grofs ist, sogar bis zu Ende des XV. Jahrhunderts hinaufreicht, so giebt es doch keinen unter denselben, der etwas Bedeutendes zu den Fortschritten dieser Wissenschaft beigetragen hätte. Mehr oder weniger haben sie alle nur den **Geber** ab- und umgeschrieben, und selbst, wenn man das christliche Europa mitzählt, bleibt **Geber** bis zum XV. Jahrhundert der kenntnifsreichste Chemiker.

Ueber die Lebensumstände dieses in mancher Hinsicht merkwürdigen Mannes wissen wir sehr wenig; wir wissen nur, dafs er in der ersten Hälfte des VIII. Jahrhunderts Lehrer an der Hochschule zu Sevilla war. Nach Einigen war Horan oder Hauran in Mesopotamien, nach Andern Thus auch Thusso in Korassan sein Geburtsort. Als das Jahr seiner Geburt wird 702, als sein Todesjahr 765 angegeben, doch ist dies nicht verbürgt, ebenso wenig wie sein Vaterland; auch wird von manchen behauptet, er sei Grieche von Geburt und erst später zum Islam übergetreten. Letzteres ist die Meinung von **Leo Africanus**, einem gelehrten Araber, der 1491 aus Granada entfloh, als Ferdinand der Katholische diese Stadt eroberte, und nach Afrika ging. Er gerieth später auf der See in die Gefangenschaft der Christen, wurde aber von Papst Leo X. befreit, mit Auszeichnung behandelt und nahm hierauf das Christenthum an. **Leo's** Meinung, die nun freilich den Arabern einen grofsen Theil der Ehre streitig machen würde, hat mancherlei für sich. Griechen gingen häufig in die Dienste der Araber, besonders Gelehrte, und Geber, Giabr hat viel Aehnlichkeit mit Giaur; doch sind dies nur Vermuthungen, und wir wollen darum den Arabern den Ruhm nicht ernsthaft streitig machen, dafs sie den ersten Chemiker aufweisen können, wiewohl wir auch nicht behaupten, dafs dieser alle Kenntnisse aus sich oder aus seinem Volke schöpfte.

Was **Geber** den grofsen Ruf verschaffte, bei mittelalterlichen Schriftstellern sogar den Beinamen des Königs der Araber erwarb, sind seine Schriften, deren er angeb-

lich 500 verfaſst hat, von denen jedoch nur 5 auf uns gekommen sind. Diese sind ursprünglich arabisch geschrieben, aber mehrmals ins Lateinische übersetzt, ja sogar ins Deutsche, und standen bis zum XVI. Jahrhundert in hohem Ansehn. Wir kennen sie nur aus den lateinischen Uebersetzungen.

32. Vergleicht man die Werke **Geber's** mit der Historia naturalis von **Plinius** oder der Materia medica von **Dioskorides**, so ergiebt sich ein erheblicher Fortschritt der chemischen Kenntnisse im Laufe der sechs Jahrhunderte, die seitdem verflossen waren. Der Fortschritt ist ein doppelter, einmal ein praktischer, eine Erweiterung der thatsächlichen Kenntnisse, und dann ein theoretischer, ein Streben zur Einsicht in den Zusammenhang der Erscheinungen. In ersterer Beziehung verdient erwähnt zu werden, daſs die Alten nur sieben Metalle in regulinischem Zustande kannten:

Gold, Silber, Kupfer, Zinn, Blei, Eisen, Quecksilber.

Dieselben finden sich auch bei **Geber** und zwar belegt mit den Namen:

Sol, Luna, Venus, Jupiter, Saturn, Mars, Merkur.

Ob diese von ihm oder seinen Uebersetzern herrühren ist unentschieden, die Alchemisten brauchen niemals andere. Auſserdem kannte **Geber** auch das metallische Arsenik; er zählt es indessen nicht zu den Metallen, sondern hält es seiner Verbrennlichkeit wegen für eine Art Schwefel, und nannte es den Gevatter des Schwefels.

Auſser jenen sieben Metallen kannten die Alten noch drei, vielleicht fünf, aber nicht im regulinischen sondern nur vererzten Zustand, so:

Zink, als Calamine oder Cadmia d. i. Galmey; ferner Pompholyx, Hüttenrauch.

Antimon, als Stibium oder Stimmi, Grauspieſsglanzerz, diente bei den Alten wahrscheinlich als Schminke zum Färben der Augenbraunen.[1])

[1]) s. Isebel, Buch der Könige II, Kap. 9 v. 30.

Arsenik, als Sandaracha, Realgar; Arrhenicon oder Arsenicum, Auripigment (Plinius).

Kobalt, bezweifelt, aber mit Unrecht. H. Davy hat in alten durchsichtigen blauen Gläsern Kobalt gefunden und kein Kupfer, womit andrerseits die undurchsichtigen Glaspasten der alten Aegypter gefärbt waren.[1])

Mangan, zwei von Davy untersuchte römische Purpurgläser enthielten Manganoxyd, auch sagt Theophrast, daſs in Skaptesyle (Skaptes hylae) ein Stein gefunden werde, der wie verfaultes Holz aussehe, und wenn man ihn mit Oel übergieſst sich entzünde. Erst in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde diese Eigenschaft in Derbyshire an dem schwarzen oder erdigen Wad, einem Manganerz, entdeckt.

Geber kannte ferner: Rothes Quecksilberoxyd. — Quecksilberchlorid oder Sublimat, welches nach einer der unsrigen ähnlichen Vorschrift dargestellt wurde. — Auſser dem metallischen Quecksilber kannten die Alten auch den Zinnober, dessen Zusammensetzung aus Schwefel und Quecksilber Geber wuſste. — Schwefelleber, Schwefelmilch. — Kali-Alaun; die Alten hatten nur natürlichen Alaun, Federalaun — Salpeter, lat. sal petrae. Es ist zweifelhaft ob die Alten den Salpeter kannten; was Plinius Nitrum nennt ist unser Natroncarbonat, namentlich das natürliche, die Trona, zuweilen auch Salmiak. Wann Nitrum seine heutige Bedeutung erlangt, ist ungewiſs, doch wird es in dieser schon von Roger Baco im XIII. Jahrhundert gebraucht. Das Wort ist aus Natron entstanden, welches ein hohes Alter besitzt, da es schon in der Bibel vorkommt. In den Sprüchen Salomons heiſst es Kap. 25 v. 20: Wer einem bösen Herzen Lieder singt u. s. w. ist wie Essig auf der Kreide; so in Luthers Uebersetzung, im Hebräischen steht aber Natr. — Kohlensaures Natron und kohlensaures Kali durch Verbrennen von Weinstein und Pflanzen. Durch Kalk wuſste sie Geber von ihrer Kohlensäure zu befreien und ätzend

[1]) Ann. de Chim. 96, p. 90.

zu machen. — Baurach oder Borax. — Salpetersäure, aus Vitriol, Salpeter und Alaun, wobei ihm die rothen Dämpfe dieser Säure nicht entgingen, und endlich Schwefelsäure von der trocknen Destillation des Alauns.

Die Kenntniſs dieser beiden Säuren ist bemerkenswerth, denn sie giebt der Geber'schen Chemie einen bedeutenden Vorsprung vor der aus den Zeiten von **Plinius** und **Dioskorides**, wo man keine andere Säure als den Essig kannte. Es fehlte also ganz an einem kräftigen Lösemittel, und diese einzige Thatsache reicht hin den Zustand der Chemie bei den Alten klar zu bezeichnen. Ihre Chemie, die übrigens nur eine rein technische Tendenz hatte, war wesentlich auf die Operationen des trocknen Weges beschränkt, mit **Geber** beginnt die Chemie des nassen Weges, deren Operationen eine ungleich gröſsere Mannichfaltigkeit und Anwendbarkeit besitzen.

Mittelst der Salpetersäure war er im Stande eine Menge Trennungen und Verbindungen zu bewerkstelligen, an welche die Alten nicht einmal entfernt denken konnten. So stellte er dar: Salpetersaures Silberoxyd, sogar in Krystallen; ferner Königswasser durch Zusatz von Salmiak oder Kochsalz zur Salpetersäure; er löste Gold damit auf, und bereitete Schwefelsäure durch Auflösen von Schwefel darin.

Geber's Werke enthalten ferner eine detaillirte Beschreibung von chemischen Operationen und Geräthen, die freilich den Alten, namentlich den Griechen der späteren Jahrhunderte zum Theil nicht unbekannt waren, nämlich: die Sublimation, welche schon **Dioskorides** hat, — die Destillation, von welcher **Synesios**, Bischof von Ptolemais in seinen Kommentaren zum **Demokrit** eine Beschreibung liefert, und einen vollständigen Destillationsapparat mit Helm und Vorlage angiebt[1]); auch erwähnt **Zosimus** von Panopolis bereits 50 Jahre früher die niedersteigende Destillation, — die Filtration kommt vor als Destillation durchs

[1]) Höfer, Hist. de la Chim. I, 269.

Filtrum, — die Kupellation, das Abtreiben des Goldes und Silbers mit Blei wird, wenn auch undeutlich, von **Plinius**, **Strabo** und **Dioskorides** bezeichnet. — Endlich Glüh-, und Schmelzgeräthe, Sand- und Wasserbad.

33. Mehr als durch alles empirische Wissen unterscheidet sich aber **Geber** von den Alten dadurch, daſs er eine Theorie der chemischen Erscheinungen vorträgt, freilich eine sehr eingeschränkte und mangelhafte, ja nach unsern jetzigen Ansichten ganz unrichtige, aber doch immer eine Theorie, die als erster Versuch die chemischen Vorgänge zu erklären bemerkenswerth ist, um so mehr, als sie sich mit einigen Abänderungen das ganze Mittelalter hindurch erhalten hat.

Diese Theorie besteht in der Annahme, daſs alle Metalle zusammengesetzte Körper seien, zusammengesetzt aus zwei Elementen, durch deren Verhältniſs und verschiedenen Grad der Bindung oder Fixirung alle Verschiedenartigkeit der Metalle erzeugt wird. Diese Elemente sind nicht etwa den vier Elementen der altgriechischen Philosophen entnommen, sondern davon ganz verschieden, nämlich Schwefel und Quecksilber. **Geber** setzt ausführlich auseinander, wie jedes der ihm bekannten Metalle aus diesen beiden Elementen zusammengesetzt werde. Aus seinem etwas dunklen Vortrag geht indeſs zugleich hervor, daſs er unter Schwefel nicht den gemeinen Schwefel versteht, sondern einen eingebildeten Stoff, gewissermaſsen das Princip der Verbrennlichkeit; dasselbe gilt von seinem Quecksilber.

Man kann sich, wenn man näher in die Ideen **Geber**'s eingeht, des Gedankens nicht enthalten, daſs die später im XVIII. Jahrhundert von **Stahl** aufgestellte Theorie vom Phlogiston eigentlich nur eine Verfeinerung der **Geber**'schen Ansicht sei. Uebrigens ist **Geber** nicht der Urheber derselben, denn er selbst giebt an, er habe sie von seinen Vorgängern; wer aber diese Vorgänger waren, sagt er nicht. Eine dunkle Spur dieser Lehre könnte man, beiläufig bemerkt, in dem erkennen, was **Plato** vom Rost sagt. Der Rost am Eisen bildet sich nicht, weil das Metall

etwas absorbirt, sondern weil es etwas verliert. Dieses Etwas ist nach **Plato** Erde, nach **Stahl** Feuer oder Phlogiston, und wäre nach **Geber** Schwefel.[1])

Aus diesem Abriſs der Werke **Geber's** mag erhellen, daſs dieselben einen Schatz von chemischen Kenntnissen enthalten, wie wir sie in den auf uns gekommenen Schriften der Alten vergebens suchen. Ob er dennoch nicht aus uns unbekannt gebliebenen Quellen des Alterthums geschöpft habe, soll damit nicht gesagt sein, ist sogar als gewiſs anzunehmen. Er selbst sagt: *Totam nostram scientiam, quam ex dictis antiquorum abbreviamus compilatione diversa in nostris voluminibus, hic in summa una redigimus*[2]). Man würde indeſs andererseits zu weit gehen, wenn man **Geber** bloſs für einen Kompilator halten wollte. Sein ganzer Vortrag ist der Art, daſs man sieht, er spricht aus eigener Erfahrung. Unentschieden muſs aber oft bleiben, was sein und was der Alten Eigenthum ist.

Rhases. Avicenna. Abulkasis.

34. Auſser **Geber** haben die Araber noch eine groſse Masse von Chemikern und Alchemisten aufzuweisen, die aber sehr wenig in die Fuſstapfen ihres Meisters traten, sondern der symbolischen Mystik der alexandrinischen Philosophen bis zum Uebermaſs huldigten. Sie nannten zwar ihre Wissenschaft die Wissenschaft vom K., dem Anfangsbuchstaben von Kimia, oder die Wissenschaft vom M., von Misan: Wage, aber trotz dem hatte sie wenig oder nichts mit der wahren Chemie gemein. Nur drei der Nachfolger **Geber's** machen davon eine rühmliche Ausnahme.

Rhases, eigentlich Muhamed Ibn Sakarjah Abu Bekr al Rasi, war gebürtig aus Korassan, und Direktor eines groſsen Krankenhauses zu Bagdad, wo er 932 starb. — Er führte durch seine zahlreichen medicinischen Schriften den Gebrauch von chemischen Präparaten als Arzneien in die Heilkunde des Orients ein.

---

[1]) Höfer, Hist. de la Chim. I, 89.
[2]) Höfer, ibid. I, 295.

Avicenna, eigentlich Abu Ali el Hosein Ben Abdallah Ibn Sina, geb. 980 zu Charmatin in der Bucharei und gest. 1037 zu Hamadan in Persien. — Ein Mann von großer Gelehrsamkeit nicht nur in der Medicin seinem Hauptfach, sondern auch in der Mathematik, Astronomie und allen damals von den Arabern betriebenen Wissenschaften. Er hatte den Euklid, den Ptolemaeus und den Aristoteles studirt. Als Arzt spielte er an den Höfen der Kalifen von Bagdad und der Schahs von Persien eine große Rolle, und führte, da er sich auch in die politischen Händel seiner Zeit verwickelte, ein viel bewegtes sehr unruhiges Leben. Dennoch fand er Muße ein Werk von außerordentlichem Umfang, *Canon* genannt, zu schreiben, einen Inbegriff alles damaligen Wissens in der Chemie und Medicin, das seinen Namen hauptsächlich auf die Nachwelt gebracht hat.

Abulkasis (Abulchassem) eigentlich: Chalaf Ebn el Abbas Abul Casan, geb. zu Zahara bei Cordova, daher in lateinischen Schriften auch Alzaharavicus genannt. Er war Lehrer an der Hochschule zu Cordova, wo er 1122 starb. — Er ist berühmt durch ein Werk, welches in der lateinischen Uebersetzung den Namen *Servitor* führt, und als das erste ausführliche pharmaceutische Werk angesehen werden kann; man pflegt **Abulkasis** daher auch wohl als den Begründer der Pharmacie anzusehen.

Er beschreibt die Destillation des Weingeistes aus Wein, und hat jedenfalls den Weingeist zuerst als Medikament genannt. Ob er den Weingeist entdeckt, ist wohl zu bezweifeln. Zwar scheint **Geber** den Weingeist noch nicht zu kennen, indem das, was bei ihm in der lateinischen Uebersetzung Spiritus heißt, gewöhnlich Quecksilber oder eine andere flüchtige Flüssigkeit ist; aber die Griechen des IV. u. V. Jahrhunderts haben wahrscheinlich schon Wein destillirt. Aus Reis verstanden die Chinesen bereits viele Jahrhunderte früher weingeistige Getränke zu machen, und selbst ein Araber **Abuzeid**, der im J. 851 eine Reise nach China unternahm, hat das Verfahren der

Chinesen beschrieben. Es ist der **Rak** oder **Al Rak**, woraus **Arrak** entstand, und ist vielleicht der indische Wein, dessen **Strabo** gedenkt, da Indien sonst keinen Wein hatte.

Optik.

35. Gehen wir nun von der Chemie zu der eigentlichen Physik über, so ist der erste und fast einzige Zweig derselben, den wir bei den Arabern kultivirt finden, die Optik, vermuthlich, weil darin die Alten am meisten vorgearbeitet hatten, und noch am meisten durch mathematische Betrachtungen und eine fast ausschliefslich auf Reflexion gestützte Forschungsweise geleistet werden konnte, denn auch die Araber waren gleich den alten Griechen und Römern, wenigstens im Gebiet der eigentlichen Physik, keine Experimentatoren.

Mit der Optik scheinen sie sich schon sehr frühzeitig befafst zu haben, und es ist wohl gewifs, dafs auch hierin die Alten ihnen Lehrer und Vorbilder waren. Bereits ums J. 900 schrieb ein **Al Farabi** über die Perspective, und ein **Ebn Haithem (Alkindi?)** aus Syrien ums J. 1000 über das Sehen, über die Reflexion und Refraktion. Beider Werke sind indefs nicht auf uns gekommen, und sind auch wohl nicht von Bedeutung gewesen.

Wichtig als optischer Schriftsteller ist dagegen **Alhazen**, eigentlich Abu Ali Alhazen Ben Alhazen zur Unterscheidung von Alhazen Ben Jussuf, der den Almagest des **Ptolemaeus** übersetzte. **Alhazen** lebte in Spanien, nach Einigen ums J. 1100, nach Anderen ist er aber schon 1038 gestorben[1]). Die Optik, die wir von ihm besitzen, ist zwar ein etwas unklares und weitläuftig geschriebenes Werk, das aber dennoch die gröfste Aufmerksamkeit verdient, da es das erste nach **Ptolemaeus** und das einzige der Art in der Literatur der Araber ist, auch bis zu Anfang des XVII. Jahrhunderts in hohem Ansehen gestanden hat, wo-

---

[1]) Wilde, Gesch. d. Optik I, 70.

von der Umstand einen Beweis ablegen kann, dafs es noch 1572 zu Basel in lateinischer Sprache erschienen ist.

Schriftsteller des XIII. Jahrhunderts z. B. **Roger Baco**, der noch des **Ptolemaeus** optische Bücher kannte, haben behauptet, **Alhazen** habe nur den **Ptolemaeus** ausgeschrieben. Diese Beschuldigung ist indefs nicht gerecht, denn der Vergleich mit den wieder aufgefundenen Werken des **Ptolemaeus** hat gezeigt, dafs **Alhazen** in manchen Stücken von seinem Vorgänger abweicht und in anderen ihn übertrifft, obgleich aus allem hervorgeht, dafs er ihn gekannt und benutzt haben mufs. Eine bedeutende Verschiedenheit zwischen ihm und **Ptolemaeus** besteht sogleich darin, dafs **Alhazen** nicht mehr die Lehre von den Gesichtsstrahlen vorträgt, sondern annimmt, das Sehen geschehe durch etwas in das Auge gelangende; er ist also von der Emissionstheorie zur Immissionstheorie übergegangen.

Alhazen giebt auch eine anatomische Beschreibung des Auges und sucht zu zeigen, welchen Antheil am Sehen jeder Theil des Auges habe. Er unterscheidet schon die drei Flüssigkeiten: humor aqueus, crystallinus und vitreus, sowie vier Häute: tunica adhaerens, cornea, uvea und tunica retisimilis. Zwar ist er noch in dem Irrthum befangen, dafs die Krystalllinse das Hauptorgan des Auges sei, er giebt aber doch von der Thatsache, dafs wir mit beiden Augen nur ein Bild sehen, eine ganz leidliche Erklärung, indem er sagt, es geschehe, wenn korrespondirende Theile des Sehnervens beider Augen vom Lichte getroffen werden.

Ueberhaupt hatte er vom Sehen weit richtigere Begriffe als die Alten. **Euklid** z. B. läfst von dem Auge zu jedem Punkt des gesehenen Gegenstandes nur einen Licht- oder Augenstrahl ausgehen, **Alhazen** dagegen zeigt, dafs von jedem Punkt des Gegenstandes unzählig viele Lichtstrahlen in das Auge gelangen, und so eine Lichtpyramide gebildet werde, deren Scheitel jener Punkt, die Basis das Auge ist. **Alhazen** hatte also von der Verbreitung des Lichts weit richtigere Ansichten als die Alten. Auch wufste er, dafs unser Urtheil einen grofsen Einflufs auf das Sehen ausübe.

Was die Reflexion betrifft, so unterscheidet er sich dadurch schon von **Ptolemaeus**, dafs er sieben reguläre Spiegel annimmt statt drei, die **Ptolemaeus** hatte, nämlich einen ebenen, zwei sphärische, zwei cylindrische und zwei konische. **Alhazen** wufste wie **Ptolemaeus**, dafs bei ebenen Spiegeln das Bild vom Gegenstand ebenso weit hinter dem Spiegel liege als der Gegenstand vor demselben. Er verallgemeinerte diesen Satz, indem er zu zeigen suchte, wo bei sphärischen, cylindrischen und konischen Spiegeln das Bild liegen müsse. Bei krummen Spiegeln giebt es aber im Allgemeinen keinen Punkt, der ein Bild von einem strahlenden Punkt wäre.

Alhazen stellte ferner eine Aufgabe auf, die später nach ihm benannt worden ist und eine gewisse Berühmtheit erlangt hat, die er selbst aber nur unbefriedigend gelöst hat, nämlich: Wenn gegeben sind Lage des strahlenden Punktes und Lage des Auges, zu finden an einem sphärischen, cylindrischen oder konischen Spiegel den Punkt, wo der Strahl reflektirt werden mufs, um ins Auge zu gelangen. Bei ebenen Spiegeln ist die Aufgabe leicht, bei krummen aber schwierig, auch für den Physiker nur von geringem Interesse, da er wohl nie in den Fall kommt, die Lage des Einfallspunktes an einem krummen Spiegel kennen zu müssen. Ueberhaupt beschäftigt sich **Alhazen** mit einer grofsen Zahl von Problemen, die nur ein mathematisches Interesse haben, und da überdies seine Beweise weitschweifig sind, so hat sein Werk im Verhältnifs zu seinem Inhalt ein übermäfsiges Volumen erhalten.

Was die Refraktion betrifft, so hat **Alhazen**, wie es scheint, ähnliche Versuche wie **Ptolemaeus** gemacht; wenigstens zeigt er, wie man die Brechung des Lichts aus Luft in Wasser oder Glas finden könne, theilt aber die Resultate seiner Versuche nicht mit. Das Refraktionsgesetz blieb auch ihm unbekannt, allein er machte schon die Bemerkung, es sei der von **Ptolemaeus** aufgestellte Satz, dafs zwischen den Winkeln des einfallenden und des gebrochenen Strahles mit dem Perpendikel ein konstantes Ver-

hältniſs statt finde, nicht für den ganzen Quadranten richtig. Er war also wenigstens auf halbem Wege das wahre Gesetz aufzufinden, aber dieser Schritt blieb Jahrhunderte lang ganz unbeachtet.

Alhazen war auch nahe daran die Lupen oder Vergröſserungsgläser zu erfinden, denn er spricht viel und lange von der Vergröſserung, die ein Kugelsegment, d. h. eine plankonvexe Linse gewähre. Allein er scheint die Wirkung eines solchen Glases doch nicht aus Erfahrung gekannt zu haben, denn er sagt, es sei nothwendig die konvexe Seite dem Auge zuzuwenden, und den zu vergröſsernden Gegenstand dicht auf die plane Seite zu legen.

36. In Betreff der astronomischen Strahlenbrechung waren seine Kenntnisse nicht wesentlich von denen des **Ptolemaeus** verschieden, mit Ausnahme des Umstandes vielleicht, daſs er die Ursache derselben nicht wie dieser in die Dünste der Atmosphäre setzt, sondern in die verschiedenen Grade der Durchsichtigkeit der Luft, was Neuere so ausgelegt haben, als hätte er damit die verschiedenen Grade der Dichtigkeit der Luft gemeint.

Bei der Dämmerung bemerkt er, daſs dieselbe aufhöre oder anfange, wenn die Sonne 19° unter dem Horizont stehe; er setzt indeſs hinzu, wie dies die Gelehrten sagen, er kannte mithin die Alten. Eigenthümlich ist ihm dagegen die ganz sinnreiche Methode aus der Gränze der Dämmerung die Höhe der Atmosphäre zu finden. Sie gründet sich darauf, daſs bei Beginn oder Ende der Dämmerung die äuſserste Luftschicht am Horizont, welche noch Licht zu reflektiren vermag, ihr Licht von der 19° unter dem Horizont befindlichen Sonne empfängt. Wenn man nun den Standort des Beobachters mit einem Punkt in dem Dämmerungslicht durch eine Linie verbindet, und nach den Endpunkten derselben von der Mitte der Erde Linien gezogen denkt, so erhält man ein Dreieck, worin der Erdradius sowie alle Winkel bekannt sind, da diese mit Hülfe des Reflexionsgesetzes sich leicht ergeben. Die Differenz des Erdradius und der nach dem lichten Punkt

gezogenen Linie ist die Höhe der Atmosphäre, welche **Alhazen** 52000 Schritt hoch fand.

In späteren Zeiten haben Physiker und Astronomen sich viel mit diesem Problem beschäftigt, unter Anderem auch zum Behuf der Frage, ob die Atmosphäre begränzt sei. Es kann aber natürlich auf diese Weise nie die Höhe der Atmosphäre gefunden werden, höchstens die Höhe, in welcher sie noch Lichtstrahlen zu reflektiren vermag, und selbst hier ist noch manches vorausgesetzt, wie z. B. die Gradlinigkeit der Strahlen, was in Wirklichkeit nicht stattfindet.

Ein anderes interessantes und späterhin oft behandeltes Problem, mit dem **Alhazen** sich beschäftigt hat, ist die Frage, warum Sonne und Mond nahe am Horizont vergröſsert, Sterne daselbst weiter auseinander gerückt erscheinen. **Alhazen** zeigt, daſs diese Erscheinung nicht von der astronomischen Strahlenbrechung herrühren könne, diese vielmehr die Wirkung habe, Sonne und Mond in vertikaler Richtung zusammenzudrücken. Er zählt diese Erscheinungen zu den Gesichtsbetrügen, und bemerkt ganz richtig, unser Urtheil über die Gröſse der Gegenstände gründe sich auf Vergleichung des Sehwinkels mit der vorausgesetzten Entfernung des Gegenstandes. Unweit des Horizontes dünke uns ein Himmelskörper sehr fern zu liegen, weil wir da seine Entfernung mit der Entfernung irdischer Gegenstände vergleichen können. Dieser Einfluſs unseres Urtheils auf das Sehen bewirke auch, setzt **Alhazen** hinzu, daſs das Himmelsgewölbe uns nicht als eine vollkommene Halbkugel erscheine, sondern wie abgeplattet. Bei bedecktem Himmel ist indeſs die Abplattung nicht scheinbar. — Ueber das Problem der Vergröſserung von Sonne und Mond am Horizont hat man in späterer Zeit lebhafte Diskussionen geführt, ohne daſs man im Stande gewesen wäre, eine genügendere Erklärung als die von **Alhazen** aufgestellte zu finden.

So viel von **Alhazen**. Mit seinem Werk ist die gesammte optische Literatur der Araber erschöpft, wenigstens

soweit sie auf uns gekommen ist. Nach ihm tritt in der Geschichte der Optik wiederum eine Lücke von 170 Jahren ein, wie andererseits vor ihm eine von etwa 550 Jahren existirte, denn der letzte optische Schriftsteller von einiger Bedeutung unter den Griechen war jener **Anthemius**, der die Fabel von den Brennspiegeln des **Archimedes** in Gang brachte.

Akustik.

37. Aufser der Optik haben die Araber von den verschiedenen Zweigen der reinen Physik nur noch die Akustik kultivirt. Sie haben uns einige Werke über die Theorie der Musik hinterlassen, was einigermafsen auffallend sein mufs, da einerseits **Muhamed** seinen Anhängern die Musik verboten hatte, und andererseits die praktische Musik, die sie trotz dieses Verbotes trieben, immer bei der einfachen Melodie, bei dem einstimmigen Gesang stehen blieb, sich nie zu mehrstimmigen Kompositionen, zur Harmonie, die noch jetzt den Orientalen ein Gräuel ist, erhoben hat. Dem entsprechend sind denn auch die theoretischen Werke, die uns **Alkendi** und Andere hinterlassen haben, von gar keiner Bedeutung[1]).

Astronomie.

38. Mit besserem Glück haben die Araber die Astronomie und Geographie gepflegt, und es ist besonders die erstere Wissenschaft, in welcher sich die Spuren ihrer Wirksamkeit durch eine nicht unbedeutende Anzahl arabischer Wörter bis auf den heutigen Tag erhalten hat. Dahin gehören: Zenith, Nadir, Azimut, Alhidade, ferner die Sternnamen: Aldebaran, Algol, Rigel, Fomalhaut (Fum-al-Haut), Ras Alhagen, Ras Algeti u. s. w.

Ihr bedeutendster Astronom war **Albatenius** (Albategnus), eigentlich Mohamed Ben Geber Ben Senan Abu Abdallah Albatani, aus der Stadt Batan in Mesopotamien, florirte 50 Jahre nach Al-Mamun ums Jahr 880; nach

[1]) Montucla, Histoire des mathémat. I, 394.

Andern ist er 880 geb. und 928 gestorben. Er ist der Ptolemaeus der Araber, welchen er übrigens auch wohl studirt hatte. Zu seinen Verdiensten gehört u. A. eine genauere Bestimmung der Excentricität der Sonnenbahn, die Entdeckung der Bewegung des Apogaeums, die Konstruktion einer neuen astronomischen Tafel, eine neue Bestimmung der Länge des Sonnenjahrs zu 365 Tagen 5 St. 46 M. 22 Sek., freilich etwas zu klein.

Aufser **Albatenius** gab es durch die ganze arabische Periode hin, sowohl im Orient als in Spanien, noch eine grofse Anzahl Astronomen, deren Verdienste indefs zu gering sind, als dafs ich sie hier alle vorführen könnte. Als einen Beweis übrigens, dafs selbst im XIII. Jahrhundert die Astronomie eine Lieblingsbeschäftigung der Araber ausmachte, will ich hier nur erwähnen, dafs als **Alfons** X. von Kastilien, ein Freund der Astronomie, den Entschlufs gefafst, diese Wissenschaft in seinem Staat zu haben, er dazu gelehrte Araber aus Sevilla, Toledo und Cordova berief, wobei es sich freilich zeigte, dafs er keine glückliche Wahl getroffen hatte, denn die Gelehrten waren mehr Astrologen als Astronomen. Ein Araber **Alboazen** sprach sich darüber aus und gab Veranlassung, dafs Alfons 1256, vier Jahre nach den ersten durch ihn geförderten Tafeln, eine neue Edition herausgeben liefs[1]).

Geographie.

39. In der Geographie haben sich besonders **Edrisi** und **Abulfeda** einen grofsen Namen erworben, und können einigermafsen mit **Herodot** und **Strabo** verglichen werden.

Der Scherif **Al Edrisi**, eigentlich Abu Abdallah Mohamed Ben Mohamed al Edrisi, war 1099 geboren zu Ceuta, nach Andern zu Tetuan, und stammte aus einer Familie, die in Nubien regierte, daher er auch den Namen des Geographen von Nubien führt. Er hatte zu Cordova studirt, und schrieb das Werk, welches ihn vorzüglich be-

---

[1]) Montucla, Hist. des mathém. I, 369.

rühmt gemacht hat, *Geographische Erholungen* am Hofe Roger's I., Königs von Sicilien, als Erläuterung zu der silbernen, 400 Mark schweren Erdkugel, welche dieser Fürst hatte machen lassen[1]). **Edrisi** starb 1175 oder 1186.

Abulfeda oder Ismael Abulfeda, Fürst von Hamah in Syrien, geb. zu Damascus 1273 und gest. 1331, ist Verfasser eines geographischen Werks *Wahre Lage der Länder.*[2])

Die Werke beider Männer sind für die Länder- und Völkerkunde ihrer Zeit ungemein wichtig, enthalten indeſs für die physikalische Geographie nur wenig von Belang, ausgenommen, daſs uns der letztere Nachricht giebt von dem merkwürdigen Unternehmen, welches der Kalif **Al Mamun** im J. 827 ausführen lieſs, nämlich von der Gradmessung, deren ich schon § 27 erwähnte. Die Gelehrten, denen der Kalif diese Messung übertragen hatte, wählten dazu die Wüste Singar oder Sindjar am Arabischen Meerbusen. Sie theilten sich in zwei Partheien. Von einem gewissen Punkte aus, dessen Polhöhe bestimmt wurde, ging die eine mit der Meſskette in der Hand grade nach Norden, bis die Polhöhe genau um einen Grad zugenommen hatte; die andere maſs ebenso nach Süden, bis die Polhöhe sich um einen Grad vermindert hatte. Die eine Parthei fand auf diese Weise für den Grad 56 arabische Meilen, die andere $56\frac{2}{3}$, und die letztere Bestimmung wurde für die richtigere angesehen.

Um das Resultat dieser Messung zu beurtheilen, muſs man natürlich wissen, wie lang eine arabische Meile sei. Hier geht es uns aber wie mit dem Stadium der Griechen. Ziemlich übereinstimmend wird zwar die arabische Meile zu 4000 arabischen Ellen angenommen, aber wie groſs die Elle gewesen, ist zweifelhaft. Ueberdies gab es zweierlei Ellen, königliche und schwarze, letztere von der Armlänge eines besonders groſsen Negersklaven so genannt. Nach **Abulfeda**'s Zeugniſs hielt die schwarze Elle 27 Zoll und nach **Alfragani** (Alfergani) die königliche 24 Zoll. Was

---

[1]) **Montucla**, Hist. etc. I, 403.
[2]) **Montucla**, ibid. I, 407.

aber das Sonderbarste ist, der Zoll hatte die Länge von 6 nebeneinander gelegten Gerstenkörnern, so dafs also bei diesem Unternehmen der Umfang der Erde mit Gerstenkörnern gemessen worden wäre. **Snell**, der Entdecker des Refraktionsgesetzes fand, dafs 89 Gerstenkörner = 1 Fufs rheinländ. = 0,16103 Tois. seien. Hiernach wäre $1^0 = 56\frac{2}{3}$ arab. Meilen = 58 710 Tois., d. h. 1700 Tois. zu grofs.

Bei unserer völligen Unkenntnifs von den angewandten Mafsen können wir das Ergebnifs dieser Messung nicht näher ermitteln, das darüber Mitgetheilte berechtigt aber zu der Meinung, dafs sie auf sonderliche Genauigkeit keinen Anspruch machen darf, und gegen die von den Griechen gewonnenen Resultate keinen Fortschritt bezeichnet.

Zweite oder europäische Periode.

40. Wann eigentlich nach der Barbarei, die auf den Umsturz des Römerreichs über Europa hereinbrach, der Sinn für Wissenschaften wieder zu erwachen angefangen habe, läfst sich nicht mit Bestimmtheit angeben. Die ersten Anfänge waren auch hier, wie bei so vielen anderen Dingen, geringfügig und unbestimmt. Hie und da begann es schon ziemlich früh hinter engen Klostermauern etwas zu dämmern, während draufsen noch Alles in dichtester Finsternifs lag. Auch in der Umgebung einzelner hochbegabter Fürsten sehen wir es manchmal etwas lichter werden, aber es sind matte Strahlen, welche die Masse des Volks nicht durchdringen können, und nach kurzer Zeit verlöschen.

So finden wir schon bei **Theodorich** dem Grofsen, König der Ostgothen, welcher von 475 bis 526 regierte, eine gewisse Achtung vor den Wissenschaften, die sich ausspricht in seinen Briefen an den römischen Senator **Boëthius**, einen in der Mathematik und Mechanik bewanderten Mann, den er u. A. um eine Sonnenuhr und eine Wasseruhr anspricht, um sie dem König von Burgund zu schenken. Wir wissen ferner, dafs **Karl** d. Grofse im J. 782

den gelehrten Engländer Alkuin, geb. 736 zu York, an seinen Hof berief und eine Art von Hofakademie um sich versammelte, und daſs er durch Alkuin Schulen bei den Klöstern errichten lieſs, aus denen nach und nach die Universitäten hervorgingen.

Im X. Jahrhundert sehen wir den Drang nach Wissen schon lebendiger und allgemeiner werden, denn die christliche Jugend beginnt nach Spanien zu den Mauren zu reisen, um dort die Werke der Alten zu studiren, wozu in der Heimath also wohl nicht hinreichende Gelegenheit gewesen sein muſs. Selbst ein nachmaliger Papst Gerbert, als Papst Sylvester II., der von 999 bis 1003 die Tiara trug, verschmähte es nicht bei den Arabern in Sevilla und Cordova sich Kenntnisse von der klassischen Literatur zu holen. Er war ein Franzose von Geburt aus Aurillac in der Auvergne, und soll in der Kathedrale zu Rheims eine Dampforgel errichtet haben; er wäre also Erfinder der Dampfpfeife. Ueberhaupt beschäftigten ihn die physikalischen und chemischen Wissenschaften speciell, und erfand er auſser der erwähnten Dampforgel auch verschiedene hydraulische Maschinen, einen Rechentisch u. dgl. mehr [1]).

Solche rühmlichen Beispiele lassen sich aus dem XI. und XII. Jahrhundert noch einige beibringen; aber erst im XIII. Jahrhundert werden die Regungen des wissenschaftlichen Geistes mächtiger und erfolgreicher, so daſs man eigentlich erst von dieser Periode an das Aufblühen der Wissenschaften datiren kann. Die Stiftung der Universitäten zu Paris, Oxford, Cambridge (1200), Neapel (1224), Salerno, Bologna, Padua (1229), Pavia, Salamanca, Prag (1348), Wien (1365), Heidelberg (1386) und andern Orten, sind als die ersten sichtbaren Aeuſserungen dieses Geistes zu betrachten. Paris, Salerno und Bologna blühten unter allen am frühesten, die Zeit ihrer Gründung läſst sich aber mit Bestimmtheit nicht angeben.

---

[1]) Libri, Histoire des sciences mathémat. IV, 337.

Auch sehen wir in diesem Jahrhundert zwei ausgezeichnete Fürsten die Wissenschaft unter ihren besonderen Schutz nehmen. Es sind dies Kaiser **Friedrich II.**, der durch seine Kämpfe mit der Hierarchie so weltberühmte Hohenstaufe, der von 1209 bis 1250 regierte, und **Alfons X.** König von Kastilien. Ersterer als Mensch und Herrscher in gleichem Maſse groſs, war nicht nur den bildenden Künsten und schönen Wissenschaften eifrig zugethan, sondern förderte auch die Gelehrsamkeit und das Naturstudium einerseits durch die Stiftung der Universität zu Neapel 1224, und andrerseits durch die von ihm veranstaltete Uebersetzung der Werke des Ptolemaeus ins Lateinische. — **Alfons X.** hat sein Andenken in der Geschichte der Wissenschaft durch besondere Vorliebe für die Astronomie ehrenvoll erhalten, namentlich durch die nach ihm benannten astronomischen Tafeln, welche er 1256 von den nach Toledo berufenen Astronomen entwerfen lieſs.

Albrecht v. Bollstaedt. Roger Baco.

41. In diesem XIII. Jahrhundert lassen sich auch zuerst Männer namhaft machen, die speciell die physikalischen Wissenschaften trieben und nach Umständen förderten. Besonders zeichnen sich als solche aus **Albrecht von Bollstaedt** und **Roger Baco.** Beide umfaſsten mit ihren Kenntnissen das ganze Gebiet der damaligen Naturforschung, sie waren wohl bekannt mit den Alten, und trieben auſser ihren theologischen und philosophischen Studien, Mathematik, Mechanik, Optik, Chemie, Medicin und Naturgeschichte. Bei dem ersteren waltete mehr die chemische Richtung vor, beim letzteren die mathematisch-physikalische.

Albrecht v. Bollstaedt, von seinen Zeitgenossen **Albertus Magnus** auch **Albertus Teutonicus** genannt, stammte aus dem Hause der Grafen von Bollstaedt und wurde 1193 zu Lauingen in Bayern geboren. Als jüngster Sohn seiner Eltern widmete er sich dem geistlichen Stande, studirte zu Padua, trat 1223 in den Dominikaner-Orden, lehrte dann öffentlich zu Hildesheim, Regensburg, Köln und Paris,

bereiste 1254 Deutschland als Provincial seines Ordens und ward 1260 Bischof von Regensburg. Er dankte indeſs schon 1265 wieder ab, und zog sich in das Dominikaner-Kloster zu Köln zurück, wo er 1280 starb.

Albrecht v. Bollstaedt war als Schriftsteller sehr fruchtbar; seine *Opera omnia*, worin aber manches untergeschoben sein soll, erschienen gedruckt 1651 zu Leyden, und füllen nicht weniger als 21 Folianten. Sie geben ein getreues Bild von dem Umfang und Zustand der damaligen Naturwissenschaft, und sind insofern in geschichtlicher Hinsicht wichtig; an Entdeckungen und Erfindungen, die man **Albr. v. Bollstaedt** mit Gewiſsheit zuschreiben könnte, enthalten sie dagegen nichts. Wohl hat **Albr. v. Bollstaedt** durch sein Ansehn und seine Kenntnisse viel zur Verbreitung der Wissenschaft beigetragen, durch eigene Arbeiten sie aber nicht erweitert.

Roger Baco, nicht zu verwechseln mit dem 300 Jahre später lebenden Lord Baco, ward 1214 zu Ilchester in Sommerset in England geboren, ebenfalls von angesehenen Eltern stammend; er starb 1292, nach Andern 1294 als Franziskaner-Mönch zu Oxford.

Baco machte seine Studien auf der Universität zu Paris, von welcher er 1240 nach Oxford zurückkehrte. Er hatte viele herbe Schicksale zu erdulden, theils seiner ausgebreiteten Kenntnisse wegen, die ihm den Neid seiner Ordensbrüder zuzogen, theils weil er gegen deren Unwissenheit und Sittenlosigkeit laut und freimüthig zu reden wagte. Dafür klagten diese ihn beim Papst der Zauberei, Ketzerei und Teufelsbündnerei an, und brachten es dahin, daſs er seiner Lehrstelle in Oxford entsetzt und ins Gefängniſs geworfen ward. Die Erhebung seines Gönners, des Bischofs von Sabina und päpstlichen Legaten in England, auf den päpstlichen Stuhl unter dem Namen Clemens IV. befreite ihn aus dieser Gefangenschaft, aber nur auf kurze Zeit, um eine desto längere anzutreten. Clemens IV. starb nämlich schon nach einer nur dreijährigen Regierung im J. 1268, und unter seinem Nachfolger Nikolaus III. brachte

es der damalige General des Franziskaner-Ordens Hieron. v. Esculo (Asculi) dahin, daſs **Baco**'s Schriften verboten wurden und er selbst in Frankreich, wohin er sich nach seiner ersten Gefangenschaft begeben hatte, zum zweiten Male eingekerkert ward. Diese zweite Gefangenschaft dauerte zehn Jahr; sie endete erst nach dem Tode Nikolaus III., als jener Hieron. v. Esculo unter dem Namen Nikolaus IV. den päpstlichen Stuhl bestieg, und einige angesehene Engländer sich für **Roger Baco** verwandten. So kehrte er denn 1288 aus Frankreich nach Oxford zurück, beschäftigte sich aber von nun an bloſs mit theologischen Dingen bis zu seinem Tode.

Roger Baco war ein Mann von groſser Gelehrsamkeit, von den Zeitgenossen Doctor mirabilis genannt; was aber noch mehr ist, er besaſs eine Erfindungsgabe und einen Reichthum von eigenen Ideen, die, wenn er in aufgeklärteren Zeiten und unter günstigeren Verhältnissen gelebt hätte, ihn gewiſs zu mancher wichtigen Entdeckung und Erfindung geführt haben würden. So aber blieben seine Ideen bloſs Projekte, mit denen seine Werke reichlich angefüllt sind. Unter Anderem spricht er von einem sich selbst bewegenden Wagen, von einer Maschine zum Fliegen, von Vorrichtungen zum Fortschaffen von Lasten, aus denen überall jenes Talent zur praktischen Mechanik hervorleuchtet, wodurch sich noch jetzt die Engländer im Allgemeinen so sehr zu ihrem Vortheil auszeichnen.

Durch seine lebhafte Einbildungskraft und durch seine Zuversicht zur möglichen Realisirung seiner Ideen wurde **R. Baco** zugleich verleitet, von seinen Ideen häufig so zu reden, wie wenn sie schon ausgeführt wären. Da nun sein Vortrag mitunter etwas dunkel ist, Wahres und Falsches durcheinander wirft, so ist er denn besonders bei hyperpatriotischen Landsleuten in den Ruf mancher Entdeckung und Erfindung gekommen, auf welche er bei Licht betrachtet keinen Anspruch hat. Diese Bemerkung findet zunächst ihre Anwendung, wenn wir **R. Baco**'s Verdienste um die Optik näher betrachten.

Einige englische Schriftsteller, z. B. Wood, Molineux, Jebb, Brewster und Andere, welche ihrer Nation gern so wichtige Erfindungen wie die der Lupen und Fernröhre vindiciren möchten, behaupten, R. **Baco** habe die ältesten Ansprüche darauf. Andere unpartheiische Männer, und darunter selbst Engländer wie R. Smith und Priestley, erheben solche Ansprüche nicht für ihn, und sind sogar der Meinung, er habe wenig mehr geleistet als **Ptolemaeus** und **Alhazen**, seine Lehrer in der Optik. Wirklich geht in Betreff der Lupen aus seinen Schriften auch nur hervor, daſs er mit gläsernen Kugelsegmenten experimentirte, deren Vergröſserungskraft ja schon **Alhazen** kannte. Was er bei dieser Gelegenheit sagt, scheint in der That bloſs Idee gewesen zu sein, von eigentlichen Linsen, bikonvexen oder konkavkonvexen, ist bei ihm nicht die Rede. Er bildet nur Kreisbögen ab und spricht von der Vergröſserung des Gegenstandes, je nachdem das Auge sich auf der konkaven oder konvexen Seite des Bildes befinde, läſst es aber ungewiſs, was er sich bei der Figur dachte. Gleiches gilt von seinen Ansprüchen auf die Erfindung der Fernröhre; man kann nicht unterscheiden, ob er wirklich ein solches ausgeführt habe oder nur aus der Wirkung eines Kugelsegments auf die Möglichkeit der Konstruktion dieses Instrumentes schlieſst. Dasselbe kann man von seiner angeblichen Erfindung der Camera obscura sagen.

Dagegen gebührt R. **Baco** das Verdienst, zuerst die Lage des Brennpunkts bei einem sphärischen Hohlspiegel richtig angegeben zu haben, eine Lage, über welche selbst spätere Physiker sich nicht einigen konnten. Ebenso gab er eine Anleitung zur Verfertigung parabolischer Brennspiegel, wiewohl es nicht scheint, daſs er dieselbe wirklich ausgeführt habe. Seine optischen Bemühungen hat er zusammengestellt in einem Werke unter dem Titel *Opus majus*, das er 1267 zur Rechtfertigung auf die gegen ihn erhobene Klage der Ketzerei und Zauberei niederschrieb, und seinem Gönner Papst Clemens IV. übersandte. Der Titel bezieht sich auf ein *Opus minus* und *Opus tertium*,

welche er beide gleichfalls dem Papste zustellte. Einiges findet sich auch in seiner *Perspectiva* und seiner *Specula mathematica*.

Als Beweis von R. **Baco**'s hellen Einsichten will ich noch erwähnen, dafs er schon die Fehlerhaftigkeit des Julianischen Kalenders erkannte, und daher im J. 1267 bereits seinem Gönner Clemens IV. jene Verbesserung des Kalenders anrieth, welche, da sie Clemens nicht zweckmäfsig schien, erst gegen Ende des XVI. Jahrhunderts durch den Papst Gregor XIII. ins Werk gesetzt wurde.

Aufser der Physik war die Chemie und Alchemie eine Hauptbeschäftigung **Baco**'s, wovon seine zahlreichen Schriften chemischen und alchemistischen Inhalts Zeugnifs geben, in deren Titeln sich schon zum Theil der Geist des Zeitalters hinreichend abspiegelt; so u. A. *Medulla alchymiae*, *De lapide philosophorum*, *Verbum abbreviatum de leone viridi*, *Secretum secretorum*, *Speculum secretorum*, *Tractatus trium verborum* u. s. w. Ein sehr bedeutender Theil dieser Schriften ist später unter dem Titel *Rogeri Baconis Thesaurus chymicus*, Francfurt 1603 und 1620 vereinigt worden.

In diesen Schriften erweist sich **Baco** als Schüler von **Geber**, dem er auch an reellen chemischen Kenntnissen nichts von Belang hinzufügt. Das einzige Bemerkenswerthe in den chemischen Schriften besteht darin, dafs vom Schiefspulver in denselben die Rede ist. Da dies auch in **Albrecht v. Bollstaedt**'s Werken geschieht, und man deshalb wohl den einen und den andern als Erfinder des Schiefspulvers ausgegeben hat, so ist hier wohl der Ort etwas über die Erfindung dieser, man kann wohl sagen, welthistorischen Substanz beizubringen.

Schiefspulver.

42. Im Voraus mufs ich bemerken, dafs weder **Albr. v. Bollstaedt** noch R. **Baco** einen Anspruch auf diese Erfindung haben, letzterer hat nicht einmal das Verdienst die Zusammensetzung des Schiefspulvers deutlich beschrieben zu haben; er giebt sie nur anagrammatisch und unvoll-

ständig an, vielleicht weil er eine deutliche Anweisung als gefährlich für seine Zeitgenossen betrachtete. Er selbst giebt übrigens das Schiefspulver nicht für seine Erfindung aus, sondern spricht nur von ihm als von einer zu seiner Zeit bekannten, wenn auch nicht allgemein bekannten Substanz.

Albr. v. Bollstaedt hat das Verdienst die Bereitung des Schiefspulvers ganz unumwunden zu beschreiben. Er sagt, man müsse 1 Pfund Schwefel, 2 Pfund Weidenkohle und 6 Pfund sal petrosum in einem steinernen Mörser miteinander vermischen. Es ist dies indefs nicht die erste uns überlieferte Vorschrift zur Bereitung des Schiefspulvers. Sowohl in Oxford wird nach Dr. **Jebb** wie auch in Paris[1]) von einem Griechen **Marcus Graecus** ein Manuskript aufbewahrt, das die Anfertigung des Schiefspulvers deutlich beschreibt, aufserdem auch die Destillation des Branntweins und des Terpentinöls. Es führt den Titel *Liber ignium ad comburendos hostes*, und schreibt vor 1 Pfund Schwefel, 2 Pfund Kohle und 6 Pfund Salpeter (sal petrosum) in einem Mörser zu zerreiben, damit entweder lange schmale Röhren zu füllen, die durch die Luft flögen, tunica ad volandum (Congrevische Raketen), oder wenn man den Donner nachahmen wolle, kurze dicke Röhren zur Hälfte zu füllen und stark mit Bindfaden zusammen zu schnüren.

Marcus Graecus lebte wahrscheinlich gegen Ende des VIII. Jahrhunderts, denn der arabische Arzt **Mesua**, der ihn citirt, lebte im IX. Jahrhundert und starb 846 oder nach Anderen 865. — Uebrigens ist der *Liber ignium* noch nicht die älteste Schrift über die Schiefspulverbereitung. **Julius Africanus**, der im dritten Jahrhundert lebte, beschreibt es schon unter dem Namen πῦρ ἀυτομάτον, und soll man dazu nehmen gleiche Theile Schwefel, Salpeter und Rudonischen Pyrit [Schwefelantimon?].[2])

Indefs ist die Erfindung des Schiefspulvers offenbar weit älter als alle unsere historischen Data darüber; Chi-

---

[1]) Höfer, Hist. de la Chim. I, 284.
[2]) Höfer, ibid. I, 283, 284.

nesen, Japaner und Inder, wie wenig auch sonst ihren Angaben über das hohe Alter der von ihnen gemachten Erfindungen immer zu trauen ist, haben ganz sicher das Schiefspulver weit früher gekannt als die Europäer. Man darf dies um so weniger in Zweifel ziehen, als uns ebenfalls die Kenntnifs des Salpeters aus Osten zugekommen ist, und die Araber und Türken sich des Schiefspulvers schon sehr frühzeitig gegen die Griechen und Kreuzfahrer bedienten, und dasselbe vermuthlich von den Chinesen direkt oder durch Vermittelung dazwischen liegender Völkerschaften kennen lernten. Man pflegt dafür auch sprachliche Gründe anzuführen, nämlich, dafs der Salpeter noch jetzt bei den Persern *Nemek Tschim*, chinesisches Salz, heifse und bei den Arabern *Thelz Sini*, Schnee aus China.

Wie dem auch sein mag, so wird doch in den Kriegen der Griechen und Kreuzfahrer mit den Saracenen so oft und unter solchen Umständen des Feuers als einer Waffe gedacht, dafs nicht daran zu zweifeln ist, es sei damit, wenigstens in vielen Fällen, das Schiefspulver gemeint. Ebenso weifs man, dafs die Tunesen schon 1085 Maschinen auf ihren Schiffen hatten, mit denen sie Feuer warfen, und wie ausdrücklich gesagt wird, unter donnerndem Getöse. Eine gleich lautende Nachricht hat man vom J. 1147, wo sich die Araber gegen die Spanier und gegen die Normannen in Lissabon mit Feuer und Feuergeschütz vertheidigt haben sollen.

Rabbi Benjamin Ben Jona von Tudela, gewöhnlich **Benjamin von Tudela** genannt, ein Jude, der 1173 von Saragossa aus im Glaubenseifer, um die versprengten Ueberreste seines Volkes aufzusuchen, den gröfsten Theil von Asien durchwanderte und bis China vordrang, ja selbst bis zu den Sundischen Inseln, erzählt, dafs er in Persien Feuerwerke gesehn, die man Sonnen nenne.

Auch selbst im Abendlande giebt es ältere Dokumente über die Kenntnifs und Anwendung des Schiefspulvers als die Werke von **Bollstaedt** und **Baco**, denn es ist erwiesen, dafs das Schiefspulver schon im XII. Jahrhundert

im Rammelsberg bei Goslar zum Sprengen des Gesteins angewandt wurde, woraus sich bei der Langsamkeit, mit der eine jede neue Erfindung in die Praxis überzugehen pflegt, auf eine noch weit ältere Bekanntschaft mit dieser Substanz schliefsen läfst. Dieser Gebrauch des Pulvers in Bergwerken gab vielleicht Veranlassung, dafs Heinrich, Pfalzgraf am Rhein, ein Sohn Heinrich des Löwen, auf seinem Kreuzzug ins Gelobte Land im J. 1200 die Mauern von Tyrus mit Pulver sprengen liefs.

Nach Allen diesem lässt sich schon beurtheilen, was von der gewöhnlichen Sage zu halten ist, dafs **Barthold Schwarz**, ein deutscher Mönch, der Erfinder des Schiefspulvers sei. Man weifs nicht einmal, wann und wo derselbe geboren ist, wann und wo er seine Erfindung gemacht haben soll. Nach Einigen ist Freiburg im Breisgau sein Geburtsort, nach Andern Mainz, nach noch Andern Nürnberg; nur darin kommen alle Historiker überein, dafs sie ihn zu einem Franziskaner machen. Ebenso verschieden wird der Ort und die Zeit seiner Erfindung angegeben. Einmal soll sie zu Goslar, ein anderes Mal zu Köln gemacht worden sein, und was die Zeit betrifft, so schwanken die Angaben darüber gewöhnlich von 1318 bis 1380, ja einige Historiker verlegen seine Erfindung sogar in die Zeiten **Albr. v. Bollstaedt's**.

Wenn es nun nach allen diesen Widersprüchen wenig Wahrscheinlichkeit hat, dafs **Barthold Schwarz** selbst nur für Deutschland der Erfinder des Schiefspulvers sei, so wollen doch einige Geschichtsforscher, z. B. Robins, dafs das Unglück, welches **Barth. Schwarz** bei seinen Experimenten begegnet sein soll, Veranlassung gegeben habe das Schiefspulver zum groben Geschütz anzuwenden. Soviel scheint wenigstens einigermafsen erwiesen, dafs die Anwendung des Pulvers zum Schiefsen, nicht zum Sprengen, erst von der letzten Hälfte des XIV. Jahrhunderts datirt. Ueberhaupt giebt es wenig chemische Substanzen, deren Geschichte zu so vielen gelehrten Forschungen Anlafs gegeben und doch im Ganzen so wenig zuverlässige Resultate

geliefert hat, als eben das Schiefspulver. Man weifs nicht einmal ob jener angebliche Erfinder, der sich aus Unverstand selbst in die Luft sprengte, wirklich **Barth. Schwarz** geheifsen habe. Einige nennen ihn auch **Konstantin Anklitzen** oder **Anglitzen** und meinen, dies sei sein rechter Name, jener nur sein Klostername.

Das berühmte griechische Feuer, πῦρ ὑγρὸν von den Griechen genannt, mit welchem der Kaiser Konstantin IV. Pogonatus im J. 670 die Flotte der Saracenen vor Konstantinopel verbrannte, und welches ihm von einem Griechen **Kallinikus** aus Heliopolis in Phönicien, einem Ueberläufer von den Saracenen, angegeben wurde, ist wohl kein Schiefspulver gewesen, sondern vielmehr Bergöl, das angezündet auf Wasser brennt, oder brennendes Harz, welches mit Pfeilen fortgeschossen wurde. Wenig zweifelhaft ist es indefs, dafs sich die Griechen bereits im IX. Jahrhundert des Schiefspulvers als Vertheidungsmittels bedienten.[1])

Optik.

43. Aufser den beiden universellen Geistern **A. v. Bollstaedt** und **R. Baco** finden wir im XIII. Jahrhundert noch ein Paar Männer, die einen speciellen Theil der Physik nämlich die Optik kultivirten, es waren dies **Vitello** und **Peckham.**

Von **Vitello** besitzen wir ein Werk, das ein gewisser **Risner** drei Jahrhunderte hernach aus mehreren handschriftlichen Exemplaren möglichst fehlerfrei hergestellt, und 1572 zu Basel hat drucken lassen, zusammen mit der Optik von **Alhazen.** In diesem Buch wird **Vitello** ein filius Polonorum et Thuringorum genannt, was man so ausgelegt hat, dafs sein Vater aus Polen und seine Mutter aus Thüringen gewesen sei, oder auch umgekehrt. Sonst weifs man nur, dafs er ein Mönch war, auf einer Reise in Italien bei Betrachtung eines klaren Wasserfalles zu optischen Studien angeregt worden, und seine Optik in Folge der Aufforde-

---

[1]) Höfer, Hist. de la Chim. I, 283.

rung des Dominikaners **Wilh. de Morbeta** schrieb, der ums J. 1269 lebte. **Vitello** ist wahrscheinlich nicht sein rechter Name, entweder ist es der Klostername oder auch eine Latinisirung des wahren Namens **Witelo.**

Vitello's Werk ist ein Summarium alles dessen, was die Alten und **Alhazen** über Optik geleistet haben; es ist daher von beträchtlichem Umfang, enthält jedoch des Eigenthümlichen und Neuen im Ganzen wenig. Dazu kann man rechnen eine Reihe Versuche über die Brechung des Lichts beim Uebergang aus Luft in Wasser oder Glas, und aus Wasser in Glas, bei welchen **Vitello** aber, gleich **Ptolemaeus** und **Alhazen,** dabei stehen blieb, die Winkel der Incidenz und Refraktion anzugeben. Daraus erhellt jedoch, dafs die Messungen etwas genauer waren als die von **Ptolemaeus,** denn für das Sinusverhältnifs ergiebt sich:

	Wasser	Glas
bei **Ptolemaeus** . . .	0.767	0.687
- **Vitello**	64	69
- **Newton**	48	45.

Bei diesen Messungen machte **Vitello** die sehr natürliche, aber vor ihm noch aufser Acht gelassene Bemerkung, dafs die beiden Winkel, um die es sich bei der Refraktion handelt, dieselben bleiben, es mag das Licht aus einem lockeren in ein dichteres oder aus einem dichten in ein lockeres Mittel treten.

Er vervollständigte auch dadurch die Kenntnifs von der Reflexion und Refraktion, dafs er zeigte, es gehe in beiden Vorgängen ein gewisser Antheil Licht verloren. Dies war ein Fortschritt, weil man bis dahin immer nur die Richtung der Strahlen beachtete, nicht ihre Intensität, welche freilich **Vitello** auch noch nicht mafs.

Mit der Dispersion oder Farbenzerstreuung, welche die Refraktion immer begleitet, war **Vitello** faktisch bekannt, und zuerst durch die am Wasserfall zu Viterbo gesehenen Regenbogenfarben auf ihre Betrachtung aufmerksam geworden. Er ging auch hier etwas weiter als seine Vorgänger, indem er die Regenbogenfarben durch ein mit

Wasser gefülltes und in den Sonnenschein gestelltes Glas künstlich hervorbrachte. Die Farben, die er dabei auf dem Fufsboden seines Zimmers entstehen sah, hielt er aber doch nicht für die wahren Regenbogenfarben, einerseits weil er meinte, dafs diese von den natürlichen doch etwas verschieden seien, und dann weil man sie nicht wie beim Regenbogen durch Zurückstrahlung sehe, sondern durch Transmission.

Was den Regenbogen betrifft, so ist es wirklich wunderbar, wie nahe **Vitello** der richtigen Theorie kam und sie dennoch verfehlte. Er läfst den Regenbogen nicht blofs durch Reflexion entstehen, wie seine Vorgänger, sondern nimmt noch die Refraktion hinzu, weil, wie er richtig bemerkt, die Sonnenstrahlen auf einen durchsichtigen Körper fallen, der einen Theil derselben einlassen müsse, und daher auch nur einen Theil reflektiren könne. Aber dennoch scheint er die Refraktion nur als ein Mittel zur Verstärkung des in's Auge gelangenden Lichtes anzusehen. Ungeachtet hier **Vitello** auf halbem Wege stehen blieb, so ist doch nicht unwahrscheinlich, dafs er seine Nachfolger auf die richtige Bahn leitete. Er nahm übrigens, wie **Aristoteles**, nur drei Farben an unter den Namen: alurgus, viridis, puniceus. — Das Funkeln der Fixsterne, die scintillatio, erklärte er aus der Bewegung der Luft, was falsch ist, aber lange für richtig gehalten wurde.

Der zweite optische Schriftsteller, dessen wir aus dem XIII. Jahrhundert zu erwähnen haben, ist **Joannes Peckham**, Erzbischof zu Canterbury, geb. 1228, gest. 1291. Einige schreiben ihn auch Peckam, Pecham, Petsan, latinisirt **Joannes Pisanus**, machen ihn auch wohl zum Bischof von Cambray. Das unter dem Titel *Perspectiva communis* auf uns gekommene Werk ist indefs nichts als ein unklarer Auszug aus **Alhazen**, und verdient nur als Beispiel des Interesses, welches man in jener Zeit der Optik schenkte, angeführt zu werden.

Glasspiegel. Brillen.

44. Wichtiger und folgenreicher sind ein Paar technische ins Gebiet der Optik gehörende Erfindungen, die man dem XIII. Jahrhundert verdankt. Zunächst die der eigentlichen Glasspiegel, der belegten.

Unbelegte Glasspiegel kannten und brauchten schon mitunter die Alten, wenigstens in der späteren Zeit, wiewohl sie sich für gewöhnlich der Metallspiegel bedienten (s. § 6), aber keiner ihrer Schriftsteller erwähnt der Belegung von Glasspiegeln; sogar einer des XIII. Jahrhunderts, **Antonius v. Padua**, der 1231 starb, sagt ausdrücklich, ein Spiegel sei nichts anderes als das reinste Glas. Es ist also klar, dafs man sich bis dahin nur eines unbelegten Glases zu Spiegeln bediente.

Der erste, der von belegten Spiegeln redet, ist **Vincenz v. Beauvais**, der ums J. 1240 schrieb. Er hält die gläsernen mit Blei überzogenen Spiegel für die besten; auch in **Peckham**'s Perspektive ist der Bleibelegung der Spiegel gedacht [1]). Ebenso redet **Raimund Lull** viel von den mit Blei belegten Gläsern, und beschreibt umständlich das Verfahren ihrer Anfertigung. **Ramon Lull**, lat. **Raimundus Lullus**, geb. 1235 zu Palma auf Majorka, gest. vermuthlich 1315 zu Tunis, war ein seiner Zeit berühmter oder berüchtigter Alchemist, der ein höchst abenteuerliches und unstetes Leben führte, nichts desto weniger aber eine Masse von kleineren und gröfseren Schriften in die Welt gesetzt hat.

Aus dem Angeführten erhellt übrigens, dafs die ersten Spiegelbelege aus Blei bestanden; die Erfindung Blattzinn mit Quecksilber getränkt, also Zinnamalgam, zur Belegung des Glases anzuwenden, ist viel neuer, und fällt erst ins XIV. Jahrhundert. Ihr Urheber ist aber ebenso unbekannt wie der der Bleibelegung; aller Wahrscheinlichkeit nach gehörten beide nicht zum Gelehrtenstande, und ihre Namen

---

[1]) Kästner, Gesch. d. Math. II, 267.

gingen verloren, da sie ihre Erfindungen nicht durch Schrift verewigten.

Die andere Erfindung, die sich unmittelbar an die der belegten Glasspiegel schliefst und nicht minder nützlich als sie genannt werden mufs, ist die der Brillen. Wann und wie diese Erfindung gemacht worden ist, weifs man wiederum nicht, selbst ihr Urheber ist nicht ganz sicher. Es ist möglich, dafs die Werke von **Alhazen** und **Roger Baco** dazu Veranlassung gaben, da in ersteren von der vergröfsernden Kraft eines gläsernen Kugelsegments die Rede ist, und in letzteren auch der Fall betrachtet wird, dafs die lichtbrechende Substanz konkav gegen das Auge ist. Von diesen Andeutungen bis zur wirklichen Verfertigung der Brillen war indefs noch ein bedeutender Schritt, und wenn der Erfinder denselben auf theoretischem Wege gethan hätte, würde er sicher sehr ehrenvoll für ihn gewesen sein. Allein muthmafslich hat nicht Theorie, sondern Zufall oder blofses Probiren diese Erfindung ins Leben gerufen.

Nach der gewöhnlichen Annahme ist ein florentiner Edelmann **Salvino degli Armati**, der 1317 starb, der Urheber dieser Erfindung. Man stützt sich dabei auf eine Grabschrift, die ehemals in der Kirche Maria maggiore in Florenz befindlich gewesen ist, und die uns ein gewisser **Leopoldo del Migliore** 1684 in seinem *Firenze illustrata* aufbewahrt hat. Sie lautet: *Qui giace Salvino degli Armati di Firenze, inventore degli occhiali. Dio gli perdoni le peccata. MCCCXVII.*

Dies Zeugnifs wird nun freilich nicht anderweit bestätigt, allein mehrere Nachrichten kommen wenigstens darin überein, dafs die Erfindung der Brillen in die Zeit fällt, in welcher hiernach **Salv. degli Armati** gelebt haben mufs. So weifs man, dafs **Alexander de Spina**, ein Dominikaner aus Pisa, der 1313 starb, bei Jemand ein Paar der damals eben erst erfundenen Brillen sah, und da diese Person ihm die Kunst ihrer Anfertigung nicht mittheilen wollte, darüber nachdachte und so das Brillenschleifen zum zweiten Male erfand. Ein anderes Zeugnifs über das un-

gefähre Alter der Erfindung giebt das Wörterbuch der Accademia della Crusca beim Worte Occhiali.

Die Accademia della Crusca wurde 1582 zu Florenz gestiftet und hatte den Zweck, die italienische Sprache von der Spreu oder Kleie, Crusca, zu reinigen, daher ihr Name: Akademie der Kleie, Academia furfuratorum. In ihrem Wörterbuch heifst es nun beim Worte Occhiali: *Bruder Jordano de Rivalto sagt in der im J. 1305 veranstalteten Sammlung seiner Predigten: Es seien noch nicht 20 Jahre, dafs man die vortreffliche Erfindung der Brillen gemacht habe.* Danach wäre die Erfindung in das J. 1285 zu versetzen.

Die älteste Nachricht über die Brillen stammt vom J. 1299 und findet sich in einem Manuskript, das ein gewisser **Redi** besafs. Sie lautet: *Ich finde mich so beschwert vom Alter, dafs ich ohne die sogenannten Augengläser, die vor Kurzem zum Vortheile der armen Alten erfunden worden sind, weder lesen noch schreiben könnte.*

Nach allen diesen Zeugnissen scheint es ziemlich gewifs zu sein, dafs die Zeit der Erfindung der Brillen in das letzte Drittel des XIII. Jahrhunderts fällt, und da nirgendwo dem **Salvino degli Armati** die Urheberschaft streitig gemacht wird, so kann man auch denselben bis auf Weiteres für den Erfinder ansehen. Ueber die Beschaffenheit der ersten Brillen, ob sie nämlich konvex oder konkav waren, weifs man nichts, ebenso über die äufsere Einrichtung derselben. Ihre gegenwärtige Gestalt haben sie erst später erhalten. Anfangs befestigte man sie an der Mütze, die zu dem Ende weit über die Stirn bis an die Augenbraunen herabhing, nachher befestigte man sie an der Nase durch einen Haken.

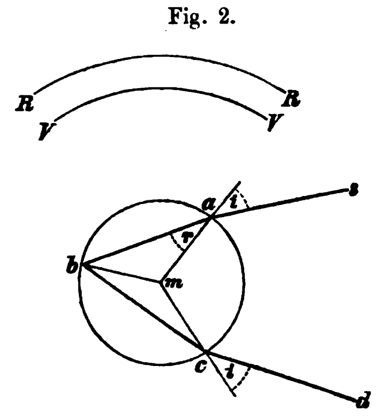
Das Wort Brille, oder wie man ehemals sagte Barill, soll nach Einigen von Beryll herkommen, vielleicht weil man die ersten Augengläser von grünem Glase machte, und dadurch an den gleichfarbigen Edelstein erinnert wurde.

Vierzehntes Jahrhundert.

45. Das XIV. Jahrhundert ist im Ganzen für die Geschichte der Physik ein unfruchtbares, ja es ist ohne Vergleich ärmer als das dreizehnte. Dennoch treffen wir darin sogleich zu Anfang desselben eine Erscheinung, die für die Zeit im höchsten Grade bemerkenswerth ist, nämlich das optische Werk des Bruders **Theodorich**: *De radialibus impressionibus.*

Dieser Bruder **Theodorich** vom Orden der Predigermönche war ein Sachse von Geburt, und schrieb sein Werk, das er dem Ordensgeneral **Aymericus Placentinus** widmete, ums J. 1311. Das Buch befand sich lange im Kloster der Predigermönche zu Basel, und kam zur Zeit der Reformation in die öffentliche Bibliothek der Stadt. Der durch mehrere hydraulische Schriften rühmlich bekannte Italiener **G. B. Venturi** bekam Nachricht von diesem Buch in einem andern Werk: *Ueber die Schriftsteller des Ordens der Predigermönche.* Er wandte sich deshalb an den Professor **Huber** in Basel, bekam es von diesem zur Durchsicht, und machte den Inhalt desselben in einem Werke bekannt, welches den Titel führt: *Commentari sopra la storia e la teoria dell' ottica. Bologna 1814.* [1])

Fig. 2.

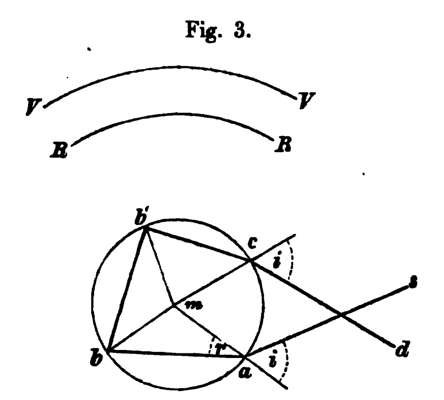


Aus diesem Werke geht hervor, dafs der Verfasser, ohne Kenntnifs von dem Refraktionsgesetz zu haben, die Entstehung beider Regenbogen genügender erklärt, als alle Physiker vor **Descartes** und in einer Weise, die wir jetzt noch als die allein richtige anerkennen. Danach entsteht der innere oder Hauptbogen aus Strahlen *s a* (Fig. 2), welche in die obere Hälfte der Tropfen bei *a* eintreten, hier ge-

[1]) Gilbert's Ann. LII, 406.

brochen und dann vom Hintergrund *b* des Tropfens reflektirt werden, worauf sie aus der unteren Hälfte nach abermaliger Brechung bei *c* austreten, und bei *d* in das Auge des Beobachters gelangen. Der äufsere Bogen dagegen wird von Strahlen erzeugt, die in den unteren Theil der Tropfen bei *a* Fig. 3 eindringen und nach zweimaliger Reflexion an der Rückwand *b*, *b'* und einer zweiten Brechung *c* aus dem oberen Theil des Tropfens nach *d* herabkommen. Weshalb aber nur die an bestimmten Stellen im Tropfen erfolgende Reflexion die bekannte Wirkung hervorbringt, erklärt **Theodorich** durch die allerdings wenig befriedigende

Fig. 3.



Annahme, dafs diese Stellen besonders von der Natur dazu bestimmt seien. Eine sachgemäfse Auseinandersetzung darüber, wie sie später von **Descartes** gegeben ist (§ 139), war freilich bei dem Zustand der Optik zu **Theodorich**'s Zeiten noch nicht möglich. Die Beziehungen zwischen Einfallswinkel *i* und Brechungswinkel *r*, sowie die Ursache der entgegengesetzten Farbenfolge von Roth nach Violett in Haupt- und Nebenbogen (*R* und *V* in den Figuren) sind erst lange nach ihm gefunden. Seine werthvolle Arbeit hat leider dadurch, dafs sie Jahrhunderte hindurch verborgen und unbekannt blieb, den Einflufs auf die Wissenschaft nicht üben können, der unter günstigeren Umständen unzweifelhaft erfolgt wäre; erst spät ermittelte man aufs

Neue die Thatsachen, welche in jenem Buch bereits längst enthalten waren.

Erfindung des Kompasses.

46. Wir können das XIV. Jahrhundert nicht verlassen, ohne den Anspruch, den dasselbe auf eine der wichtigsten und einflußreichsten Erfindungen erhebt, etwas näher zu beleuchten.

Nach der gewöhnlichen Annahme soll im J. 1302 oder 1303 ein erfahrener Seemann im Neapolitanischen, **Flavio Gioja** mit Namen, aus dem Dorfe Pasitano bei Amalfi gebürtig den Kompaſs erfunden haben. Die Annahme gründet sich hauptsächlich auf die Aeuſserung eines Schriftstellers des XIV. Jahrhunderts **Anton v. Bologna**, und zur ferneren Rechtfertigung derselben führt man auch noch andere Gründe an. So verweist man wohl auf die dem französischen Wappen entnommene Lilie, mit der noch jetzt in der Regel der Nordpol der Kompaſsnadeln bei Schiffern bezeichnet ist, und bemerkt dabei, **Gioja** habe diese Bezeichnungsart gewählt zu Ehren der damaligen neapolitanischen Dynastie, die aus dem Hause der französischen Grafen von Anjou herstammte. Man beruft sich ferner darauf, daſs die Neapolitaner, um die wichtige Erfindung ihres Landsmannes zu verewigen, demselben auf der Börse von Neapel eine eherne Bildsäule haben setzen lassen mit der Inschrift, daſs er der Erfinder des Kompasses sei. Endlich führt man auch das Zeugniſs mehrerer Schriftsteller an, namentlich eines gewissen **Arrigo Brechmann**, daſs die Stadt Amalfi in ihrem Wappenschild eine Kompaſsnadel führe.

Nichts destoweniger kann eine genauere historische Untersuchung dem **Gioja** auf die Erfindung des Kompasses durchaus keinen Anspruch zugestehen, höchstens ihm das Verdienst lassen, dies wichtige Instrument in die neapolitanische Schifffahrt eingeführt, oder mit dieser oder jener zweckmäſsigen Einrichtung versehen zu haben.

Zuvörderst muſs ich bemerken, daſs die Angabe von der Magnetnadel in dem Wappenschilde der Stadt Amalfi unbegründet ist. Es befinden sich darin unter andern Symbolen nur ein Paar Flügel, deren Bedeutung nicht zu errathen ist; dann weiſs man durchaus nichts von dem Leben des **Gioja**, den Einige auch Giri oder Gira und seinen Vornamen Giovanni statt Flavio nennen; selbst die Zeit seiner angeblichen Erfindung wird verschieden angegeben: 1300 statt 1302 oder 1303, auch wohl 1320.

Dies alles würde freilich noch nicht hinreichend sein der Stadt Amalfi die Ehre des Geburtsorts der Kompaſserfindung streitig zu machen, allein es giebt Dokumente in groſser Zahl, welche unzweideutig beweisen, daſs jenes wichtige Instrument lange vor den Zeiten **Gioja**'s bekannt gewesen ist. Ich meine damit nicht die Ansprüche, die Professor **Hansteen** in Christiania in seinem Werke über den Magnetismus der Erde für seine Landsleute die Normänner erhoben hat, denn diese sind nicht besser begründet als die der Neapolitaner, wie wir sogleich sehen werden. **Hansteen** beruft sich auf das Landnamabok, das Geschichtswerk über die Entdeckung Islands, in welchem der Verfasser desselben **Are Frode** folgendermaſsen sich ausspricht: *Floke Vilgardarson, der dritte Entdecker dieser Insel, ein berüchtigter Viking oder Seeräuber, ging etwa ums J. 868 von Rogaland in Norwegen aus um Gardarsholm, d. i. Island, aufzusuchen. Er nahm drei Raben mit, welche ihm als Wegweiser dienen sollten. Um sie zu diesem Gebrauch einzuweihen, veranstaltete er in Smörsund, wo seine Schiffe segelfertig lagen, ein groſses Opfer, denn damals hatten die Seefahrer in den nördlichen Ländern noch keinen Leidarstein (Leitstein).*

Dieser **Are Frode**, der Verfasser des Landnamabok ist 1068 geboren, und hat also wahrscheinlich seine Entdeckungsgeschichte am Schlusse des XI. Jahrhunderts geschrieben. Wäre diese Stelle aus dem Original-Manuskript von **Are Frode** geschöpft, so würde man unbedenklich den alten Normannen schon im XI. Jahrhundert die Kenntniſs

des Kompasses beilegen müssen; allein gegen die Aechtheit und das Alter jener Stelle lassen sich sehr gewichtige Zweifel erheben. **Frode** schrieb sein Landnamabok allerdings im XI. Jahrhundert, allein es wurde einige Jahrhunderte darauf von **Hauk Erlandson**, der 1334 starb, revidirt und vervollständigt, und grade das Kapitel, worin die eben erwähnte Stelle vorkommt, ist, wie ein anderer nordischer Schriftsteller **Johann Finnaeus** berichtet, von jenem **Hauk** verfaſst. Ueberdies fehlt jene Stelle in drei Manuskripten, die man vom Landnamabok besitzt, mithin ist es also höchst zweifelhaft, daſs die alten Normannen schon im XI. Jahrhundert Kenntniſs von dem Kompaſs besaſsen, und das sichere Datum aus **Hauk Erlandson**'s Zeiten wäre jedenfalls nicht älter als der Anspruch der Neapolitaner, ginge wie dieser nur bis zum XIV. Jahrhundert zurück.

Dagegen giebt es andere Dokumente, die mit voller Zuverlässigkeit beweisen, daſs der Kompaſs lange vor **Gioja** und **Erlandson** in Europa bekannt war. Das erste und älteste Dokument dieser Art ist ein satyrisches Gedicht, welches **Guyot de Provins** ums J. 1190 verfaſst hat unter dem Titel *La Bible*. In diesem Gedicht wird unumwunden gesagt, daſs, wenn der Himmel bedeckt sei und man weder Mond noch Sterne sehen könne, die Schiffer die Magnetnadel zu Rathe zögen. Es ist dabei von der Magnetnadel nicht als von einer neuen Erfindung die Rede, sondern als von einer bei Seefahrern ganz bekannten Sache.

Der zweite Schriftsteller, der des Kompasses erwähnt, ist **Jacques de Vitry**. Dieser war zu Argenteuil geboren und Bischof zu Ptolemais. Zur Zeit des vierten Kreuzzugs, also 1204, ging er nach Palästina, blieb einige Jahre dort, kehrte dann zurück, machte 1210 als Legat des Papstes Innocenz III. den Krieg gegen die Albigenser mit, und reiste abermals insgelobte Land, aus welchem er dann nach mehrjährigem Aufenthalt zurückkehrte. Er starb 1224.

Jacques de Vitry hat eine *Historia orientalis* geschrieben, deren erster Theil eine Beschreibung von Palästina ent-

hält. Dieselbe ist, wie das ganze Werk zwischen 1215 und 1220 abgefaſst, und es wird darin deutlich von der Magnetnadel gesprochen, und zwar ebenfalls nicht als von einer neuen Sache. Der Magnet wird darin Adamas genannt, ein in diesem Sinne den Alten ganz unbekanntes Wort, und hinzugesetzt, er würde in Indien gefunden und ziehe vermöge einer unbekannten Eigenschaft das Eisen an. Eine Eisennadel richte sich, nachdem sie mit dem Adamanti berührt worden, nach dem Nordpol, und sei daher den Schiffern auf dem Meere von groſser Wichtigkeit. Von dem Worte Adamas, das hier zuerst als Bezeichnung des Magneten vorkommt, wird von Einigen das französische Aimant abgeleitet. Wahrscheinlicher ist indeſs die Herleitung des letzteren Wortes von aimer lieben, und wäre hiernach Aimant eine Abkürzung von Pierre aimant. Gewiſs ist wenigstens, daſs der Magnet in anderen Sprachen genau denselben Namen führt, z. B. im Chinesischen *thsu chy*, zu deutsch liebender Stein.

Der dritte Schriftsteller, der vor **Gioja**'s Zeiten von der Magnetnadel spricht, ist der französische Dichter **Gauthier d'Espinois**, der ums J. 1250 in einem Liede sagt: Wie sich die Magnetnadel (Aiguille) gegen den Magnet richte, so wende sich alles zu der Schönen, die er in seinem Liede besingt. Der Magnet wird dabei zum ersten Male Aimant genannt.

Ungefähr um dieselbe Zeit, d. h. 1260, schrieb ein berühmter Grammatiker **Brunetto Latini** aus Florenz, der Lehrer des groſsen Dichters **Dante Alighieri**, ein Buch in französischer Sprache betitelt *Tresor*, worin ebenfalls ganz deutlich vom Kompaſs, aiguille d'aymant, die Rede ist. Dieser **Brunetto** scheint die Magnetnadel von **Roger Baco** kennen gelernt zu haben, wenigstens sagt derselbe dies unumwunden in einem Briefe, den ein Engländer aufgefunden und 1802 bekannt gemacht hat.

Auch **Albr. v. Bollstaedt** und **Vincent v. Beauvais** sprechen von dem Magnet und dessen Anwendung in der Schiffahrt, wie ich schon früher erwähnt, wiewohl das

Buch der Steine von **Aristoteles**, aus welchem sie beide ihre Kenntnifs geschöpft zu haben scheinen, nicht von dem berühmten Lehrer Alexanders des Grofsen ist, und keinen Beweis von der Bekanntschaft der Alten mit dem Magnet abgiebt. Endlich sagt auch der bekannte Jesuit **Riccioli** in seiner *Hydrographia et Geographia*, dafs unter der Regierung des heiligen Ludwig (1226—1270) die französischen Schiffer schon für gewöhnlich sich der Magnetnadel bedienten.

47. Nach allen diesen Zeugnissen können demnach weder die Normänner noch die Neapolitaner den geringsten Anspruch auf die Ehre der Erfindung des Kompasses erheben. Es fragt sich nun, wem man dieselbe denn zuschreiben soll. Zunächst werden wir dabei an die Araber verwiesen, da das Werk, aus welchem **Albr. v. Bollstaedt** und **Vincent v. Beauvais** schöpften, arabiseh geschrieben war. Auch fragt es sich vorerst, ob die Araber denn wirklich früher als die Europäer mit dem für die Schifffahrt so unentbehrlichen Instrument bekannt gewesen seien.

Einige läugnen sogar dieses und stützen sich dabei auf den arabischen Astronomen **Ibn Yunis**, welcher ums J. 1007 ein Werk verfafst hat, worin er alle damals bekannten Instrumente aufzählt, sonderbarer Weise der Magnetnadel aber nicht gedenkt. Darauf läfst sich indefs mit Grund erwidern, dafs die Araber sehr wohl vom J. 1007 bis 1250, der Zeit, wo **A. v. Bollstaedt** und **Vinc. v. Beauvais** schrieben, mit der Magnetnadel bekannt geworden sein konnten, und wirklich giebt es auch ein gleichzeitiges arabisches Werk, worin der Gebrauch der Magnetnadel ganz deutlich beschrieben wird. Es führt den Titel *Schatz der Kaufleute für die Kenntnifs der Steine*, und ist von dem Araber **Bailak** 1242 verfafst.

Es wird darin gesagt, dafs die Schiffer, welche das Meer von Syrien befahren, wenn die Nacht dunkel sei, so dafs man keine Sterne sehen könne, ein Gefäfs mit Wasser nähmen, ein Kreuz von Holzstäbchen auf das Wasser legten, und auf dieses Kreuz wiederum einen

Magnetstein so grofs wie die Handfläche, und dafs dieser Stein mit seinen beiden Spitzen nach Nord und Süd zeige. Auch bei den Europäern haben die Kompasse der Schiffer anfangs diese Einrichtung gehabt, und daher stammt der Name *Calamita*, mit dem noch heut zu Tage die Italiener, die Neugriechen, Kroaten und Bosniaken die Kompafsnadel bezeichnen; er stammt von Calamites Laubfrosch. Von dem Gebrauch eines solchen Kompasses, sagt nun **Bailak**, wäre er selbst Zeuge gewesen auf einer Reise, die er im J. 1242 von Tripoli in Syrien nach Alexandrien machte. Er setzt merkwürdiger Weise noch hinzu: die Schiffer, welche das Indische Meer befahren, liefsen statt des Holzkreuzes mit dem Magnetstein einen hohlen eisernen Fisch auf dem Wasser schwimmen, der mit seinem Kopf die Punkte Nord und Süd angebe.

Diese letztere Aeufserung von **Bailak** deutet schon darauf hin, dafs der Kompafs nicht von den Arabern erfunden sei, dafs wir vielmehr die Erfindung dieses für die Schifffahrt so nützlichen Werkzeuges weiter gen Osten zu suchen haben. Und wirklich bestätigen dies auch die Forschungen des berühmten Sinologen **Julius Klaproth**, die derselbe auf Veranlassung Al. v. Humboldt's veröffentlicht hat in *Lettre à Mr. Al. de Humboldt sur l'invention de la boussole 1834.*

48. Nach den gelehrten Untersuchungen von **Klaproth** haben wir es als ganz entschieden zu betrachten, dafs der Kompafs eine Erfindung der Chinesen ist, oder wenigstens, dafs der Kompafs seit uralter Zeit und früher als in jedem andern uns bekannten Lande in China in Gebrauch gewesen ist. Die historischen Zeugnisse, welche **Klaproth** dafür beibringt, sind so zahlreich und entscheidend, dafs wir nicht zu fürchten brauchen es hier mit einer Mystifikation zu thun zu haben, wie solche sonst wohl bei Ansprüchen der Chinesen auf die Priorität europäischer Erfindungen vorkommen. — Fand doch **Babbage** in einem Exemplar chinesischer Logarithmentafeln, die der Pater **Gaubil** 1750 der königl. Gesellschaft zu London geschenkt

hatte, genau die Druckfehler, welche in den 1628 zu Gouda gedruckten Tafeln von Vlacq enthalten sind. — Solche Mystifikationen hat man wie gesagt hier nicht zu fürchten, dafür bürgt die Kritik und Gelehrsamkeit des Sinologen, aus dessen Werke ich nun einige der hauptsächlichsten Belege hervorheben will.

Das älteste schriftliche Dokument von der Kenntniſs der magnetischen Polarität und der Magnetisirungskraft des Magneten datirt vom J. 121 n. Chr. Es findet sich in einem Wörterbuch *Schu-e-wen*, welches ein Chinese Namens Hiu-tschin schrieb. Unter dem Artikel Magnet wird darin gesagt, es sei der Name eines Steines, mit welchem man der Nadel Richtung gebe.

Eine ähnliche Stelle findet sich in dem groſsen Wörterbuch *Poei-wen-yun-fu,* das im XI. Jahrhundert geschrieben ward. Darin heiſst es, daſs schon unter der Dynastie der Tsin die Schiffer die Richtung nach Süden mittelst des Magneten gefunden hätten. Die Dynastie der Tsin herrschte von 265 bis 419, also wäre der Kompaſs schon im dritten bis fünften Jahrhundert auf der See in Gebrauch gewesen. Uebrigens sehen die Chinesen den Südpol als den Hauptpol an, da sie die Magnetnadel nach Süden zeigen lassen.

Die Chinesen wuſsten nicht nur, daſs die Magnetnadel sich in der Hauptsache von Norden nach Süden richte, sondern es war ihnen auch bekannt, daſs sie nicht genau diese Richtung annimmt, sondern in der Regel etwas davon abweicht. Sie hatten also schon Kenntniſs von dem Phänomen der Deklination oder Abweichung der Magnetnadel. Ke-u-tsung-chy, Verfasser einer ums J. 1111 und 1117 geschriebenen Naturgeschichte, sagt in derselben: Wenn man die Spitze einer Nadel mit dem Hi-nan-chy oder schwarzblauen Magnetstein streiche, so zeige sie nach Süden, doch nicht genau nach Süden, sondern etwas nach Osten. Er giebt sogar den Betrag der magnetischen Deklination an, indem er sagt, die Nadel zeige auf den Punkt Ping d. h. $\frac{1}{24}$ des ganzen Kreisumfangs nach Osten; da dies

vom Südpol gilt, so weicht der Nordpol also 15° westlich ab. Es sei noch bemerkt, daſs hier die Bussole in 24 Theile getheilt ist, die ihre besonderen Namen hatten.

Wenn man genau wüſste für welchen Ort des groſsen chinesischen Reichs diese Bestimmung gälte, so könnte man daraus einigen Nutzen für die Kenntniſs der säkulären Aenderungen der Deklination ziehen. Gegenwärtig ist die Deklination in China weit geringer, wie dies selbst die Chinesen wissen, indem sie angeben die Deklination sei bei ihnen immer 2 bis 2½° östlich, niemals kleiner als 2 und gröſser als 4°, d. h. der Südpol östlich. Dies stimmt mit den Messungen der Europäer einigermaſsen überein, denn Pater **Amiot** fand im J. 1755 für Peking 2° bis 2° 30′ westlich für den Nordpol, und an demselben Ort im J. 1831 fand Fuſs 1° 48′. Demnach hätte sich in 76 Jahren die Deklination zu Peking um nicht mehr als ¼ bis ¾° geändert. Daſs daselbst auch früher die Deklination fast denselben Werth gehabt hat, davon zeugen die Baudenkmale der Chinesen. Die Mauern der Stadt Peking, welche unter dem zweiten Kaiser aus der von 1368 bis 1644 regierenden Dynastie der Ming, also vielleicht zu Anfange des XV. Jahrhunderts erbaut wurden, bilden ein Rechteck, von denen zwei gegenüberstehende Seiten sich von Süden nach Norden erstrecken, aber nicht genau im Meridian, sondern 2° 30′ östlich abweichend. Das Zusammenfallen dieser Richtung mit dem magnetischen Meridian beweist, daſs die Chinesen sich schon damals der Bussole bei Anlage gröſserer Bauwerke bedienten.

49. Die Chinesen benutzten indeſs die Magnetnadel nicht zuerst in der Schifffahrt oder zu geodätischen Zwecken, sondern, was gewiſs recht merkwürdig ist, zu Landreisen. Den ältesten Gebrauch machten sie nämlich bei den Tschi-nan-kiu oder magnetischen Karren (Tschi-nan Südenzeiger und Tschi-nan-tschin Magnetnadel). Diese Karren waren zweirädrige Fuhrwerke, auf welchen vor dem Sitz eine kleine Figur mit ausgestrecktem Arme auf einem Stift beweglich sich befand. In dem ausgestreckten Arm war

ein kleiner Magnetstab, durch welchen dieser Arm immer nach Süden zeigte.

Solcher Karren bedienten sich die chinesischen Kaiser, wenn sie grofse Reisen oder Kriegszüge durch unbebaute oder wüste Gegenden ihres weitläuftigen Reiches unternahmen. Zuweilen hatten diese Karren oder Wagen zwei Stockwerke und neben der magnetischen Figur, welche die Richtung des Weges angab, befanden sich noch zwei andere, welche die Länge desselben anzeigten, vermuthlich durch einen Mechanismus, wie er in den Hodometern angewandt wird. Im oberen Stock, wo eine dieser letzteren Figuren stand, gab dieselbe bei jeder zurückgelegten Li oder chinesischen Meile, von denen 12,7 eine deutsche Meile ausmachen, einen Schlag auf eine Trommel, und bei jeder zehnten Li schlug die zweite eine Glocke. Man sieht hieraus, dafs die Chinesen als Erfinder der Hodometer betrachtet werden müssen, und dafs ihre Kaiser alle Vorsicht getroffen hatten, sich in ihrem weiten Reiche nicht zu verirren.

Solche Wagen, welche die Kaiser auch wohl als besondere Gunstbezeugungen an die Grofswürdenträger ihres Reiches verschenkten, waren nun, wenn man den chinesischen Historikern vollen Glauben schenken darf, seit den urältesten Zeiten in Gebrauch. Man mufs aber dabei nicht vergessen, dafs die historischen Dokumente, durch welche wir Nachricht von dieser Erfindung erhalten, dies hohe Alter selbst nicht haben. Der Verfasser einer chinesischen Encyklopädie: *Rother Jaspisgarten, worin die Jugend in den Alterthümern unterrichtet wird*, nennt als Erfinder des magnetischen Karrens und der Bussole den Kaiser **Tsche-u Kung**, der 1100 Jahre v. Chr. lebte. **Klaproth** jedoch bezweifelt, dafs der Erfinder des magnetischen Karrens und der Bussole ein und dieselbe Person sei.

Die mythologische Geschichte der Chinesen setzt das Alter der Erfindung des magnetischen Wagens noch höher hinauf. Nach dieser ist es der Kaiser **Huang-ti**, der diesen Wagen erfand, und zwar während eines Krieges mit dem

Rebellen Tschi ye-u, als dieser vor einer Schlacht, um das kaiserliche Heer in Unordnung zu bringen, einen furchtbaren Staub erregen liefs. Huang-ti konstruirte nun einen magnetischen Wagen, konnte sich damit orientiren und ward in Folge dessen Besieger des Rebellen.' Dies Ereignifs wird ins J. 2364 v. Chr. gesetzt.

Unter den zuverlässigeren Quellen der chinesischen Geschichte sind es die historischen Abhandlungen des Szuma-thsian, der im II. Jahrhundert v. Chr. lebte, worin zuerst des magnetischen Wagens erwähnt wird. In diesem Geschichtswerk wird gesagt, dafs Tsche-u Kung, erster Minister des Kaisers Tschin wang, den Gesandten aus Tunkin und Kochinchina bei ihrer Abreise von dem kaiserlichen Hof in Peking fünf magnetische Wagen mitgab, damit sie sicher den Weg in ihre Heimath fänden. Dasselbe Faktum wird auch in verschiedenen andern chinesischen Geschichtswerken erzählt.

Klaproth bringt über diesen Gegenstand noch verschiedene andere Nachrichten bei, von denen ich hier nur zwei erwähnen will. Die eine derselben sagt, dafs unter den Bürgerkriegen, die am Ende der Dynastie Hang eintraten, die Kunst der Verfertigung magnetischer Wagen verloren gegangen war, und dafs der erste Kaiser der Wei ums J. 235 n. Chr. dem Gelehrten Ma Kiün (Dr. Ma) befahl, dergleichen Wagen wieder anzufertigen. Dies gelang ihm auch und der Geschichtsschreiber Thsui-pao berichtet, dafs alle magnetische Wagen seiner Zeit vom Dr. Ma herstammten. Dennoch mufs die Kunst der Erbauung solcher Wagen nur auf wenige beschränkt gewesen sein. Es wird nämlich erzählt, der Kaiser Taï-wu-ti, der von 424 bis 451 n. Chr. regierte, habe dem Kuo-schung-ming den Auftrag zur Verfertigung eines magnetischen Wagens gegeben, derselbe habe sich aber ein ganzes Jahr abgequält, ohne dafs er damit zu Stande kam. Der Auftrag ging nun auf einen gewissen Ma-yo über, der ihn auch glücklich ausführte. Unter der Regierung des Kaisers Hian-tsung, zwischen 806 und 820, kamen die magnetischen Wagen

auf, welche auch, wie erwähnt, Figuren Ki-li-ku genannt, besafsen und zugleich die Länge des Weges angaben; dies wäre also die Zeit der Erfindung der Hodometer.

Von China gingen die magnetischen Wagen in der Mitte des VII. Jahrhunderts nach Japan über, sogar das Jahr ist darüber aufbewahrt. Es war im J. 658 n. Chr., wo ein Buddha-Priester aus China den ersten Wagen der Art nach Japan brachte. Dieser Mann mufs wohl die Magnete dazu aus China mitgebracht haben, denn japanische Geschichtsbücher sagen, dafs man im J. 713 n. Chr. den ersten Magnetstein in Japan aufgefunden habe.

50. Die Benutzung des Magneten zur Schifffahrt ist bei den Chinesen jedenfalls weit jünger als die der magnetischen Wagen; wann sie aber zuerst gemacht, darüber haben wir keine Angabe. Die älteste Nachricht, dafs Schiffer sich der Magnetnadel bedient haben, ist die aus den Zeiten der Dynastie Tsin, 265 bis 419. Auch weifs man aus anderen Geschichtswerken, dafs unter der Dynastie der Thang im VII. und VIII. Jahrhundert die Chinesen sehr weite Seereisen unternahmen, von Canton durch die Strafse von Malacca nach Ceylon um das Kap Comorin nach der Küste Malabar und den Mündungen des Indus, ja selbst nach denen des Euphrats, und Reisen von solcher Ausdehnung können nicht füglich ohne Kompafs gemacht werden.

Die erste Beschreibung einer Bussole findet sich jedoch erst in der 1111 oder 1117 verfafsten Naturgeschichte des **Ke-u-tsung-schy**; darin wird gesagt, dafs man die Magnetnadel entweder mittelst Wachs an einem Faden aufhänge, oder mittelst eines Schilfhalmes auf Wasser schwimmen lasse, und wie schon gesagt, wird dabei bemerkt, dafs sie nicht genau nach Süden zeige.

Ein anderes Dokument über den Gebrauch der Magnetnadel zur See unter den Chinesen datirt vom XIII. Jahrhundert und heifst: Tschin-la-fung-thu-ki oder Beschreibung des Landes und der Sitten von Tschin-la d. h. Cambodja. Sie ist 1297 abgefafst und giebt u. A. die

Richtung, welche Schiffer zur Befahrung der Küsten dieses Landes zu nehmen haben, genau in der Weise der chinesischen Bussole an.

Die Wasserbussolen scheinen in der ältesten Zeit die üblichsten gewesen zu sein, sie werden noch in einer Encyklopädie beschrieben, die aus dem XVI. Jahrhundert herstammt. In Korea waren solche Bussolen sogar noch in der zweiten Hälfte des XVII. Jahrhunderts in Gebrauch. Der Amsterdamer Bürgermeister **Nikolas Witsen** sagt dies ausdrücklich in seiner Beschreibung der Tartarei nach dem Bericht eines Arztes, der 1653 mit einem holländischen Schiffe auf der Küste von Korea scheiterte.

Indefs sind auch die Bussolen von besserer Einrichtung, worin die Magnetnadel mittelst eines Hütchens auf einem Stifte schwebt, schon seit langer Zeit in China üblich. **Vasco de Gama**, der bekannte Entdecker des Seeweges nach Ostindien, traf im J. 1498 an der Ostküste Afrikas indische Piloten an, welche Seekarten und Bussolen hatten, und auch die Höhe des Aequators sehr wohl mit einem Quadranten zu messen verstanden. Statt einer eigentlichen Nadel hatte die Bussole dieser Piloten einen Streifen Eisenblech, der nicht auf Wasser schwamm, sondern auf einem Hütchen schwebte. Diese Piloten zeigten ihm den Weg nach Ostindien.

Gegenwärtig hat die Bussole bei den Chinesen fast die Gestalt der unsrigen. Ein nadelförmiges Magnetstäbchen ruht mittelst eines kupfernen Hütchens auf der Spitze eines Stifts innerhalb einer Holzbüchse, die statt des Glases mit einem Glimmerblättchen verschlossen ist. Die Eintheilung des Limbus der Bussole ist sehr verschiedenartig; man hat nautische, geographische, astronomische und astrologische Bussolen, und jede derselben besitzt eine besondere Eintheilung und besondere Namen 4, 8, 12, 16, 24 für die Windstriche und Himmelsgegenden.

Nach allen diesen Zeugnissen ist es nun wohl unzweifelhaft, dafs die Chinesen, wenn sie auch nicht die Erfinder der Bussole sein sollten, doch dieses so wichtige

Instrument lange Zeit vor den Arabern und Europäern kannten und benutzten. Ebenso unterliegt es nach dem Angeführten kaum einem Zweifel, daſs die Araber und demnächst die Europäer dasselbe vom Oriente her kennen lernten, und sie folglich nicht einmal auf die Ehre Anspruch machen können, es zum zweiten Male erfunden zu haben. Die Araber scheinen nicht einmal eine Verbesserung an dem Instrumente angebracht zu haben, allein dennoch haben sie sich hier ein Denkmal errichtet, welches freilich von den Meisten nicht erkannt ist. Dies ist der Name Bussole, der jetzt für den Kompaſs so gebräuchlich ist. Man schreibt dies Wort gewöhnlich Boussole und meint es sei ein französisches; Andere leiten es von dem Italienischen bossolo, Büchse, ab. Die richtige Herleitung ist aber nach **Klaproth** von dem Arabischen Muassala, Pfeil, welches man gewöhnlich Mo-ussala ausspricht; daher ist es auch richtiger im Deutschen Bussole zu schreiben, und nicht Boussole.

51. Was die Europäer betrifft, so bedienten sie sich, wie schon erwähnt, in der frühesten Zeit auch nur der Wasserbussole und erst später gingen sie zu der jetzt gebräuchlichen Aufstellung einer Nadel auf die Spitze eines Stiftes über. Möglich ist, daſs **Gioja** diese Vorrichtung ersann, vielleicht auch die alsdann durchaus nothwendige Aufhängung des ganzen Kompasses; Bestimmtes wissen wir nicht darüber. Dagegen wissen wir, daſs die Erfindung der Windrose oder Schiffsrose, sowie die für die Schifffahrt so bequeme Bezeichnung der Weltgegenden durch 32 Striche am Ende des XVI. Jahrhunderts gemacht ist; man schreibt sie den Holländern zu.

Eigenthümlich den Europäern und nicht entlehnt von den Chinesen ist der Gebrauch des Kompasses unter der Erde in Bergwerken zur Anlage und Aufnahme von Gruben. Wer die glückliche Idee zu dieser Anwendung hatte, ohne welche an einen regelmäſsigen ausgedehnten Bergbau nicht füglich gedacht werden kann, ist wiederum ungewiſs. Vermuthen dürfen wir aber, daſs es ein Deutscher gewesen sei, denn Deutschland ist ja gewissermaſsen das Vater-

land des Bergbaues und es ist ein Deutscher, der zuerst den Grubenkompaſs beschrieben hat, nämlich **Agricola.**

Agricola, oder wie er eigentlich hieſs **Georg Bauer,** wurde 1490 zu Glauchau geboren, war 1518 bis 1522 Rektor zu Zwickau, studirte darauf in Leipzig und Italien Medicin, und widmete sich seit 1531 dem Bergbau. Er starb 1555 als Bürgermeister zu Chemnitz. **Agricola** war ein sehr kenntniſsreicher und durch seine Schriften über den Bergbau hoch verdienter Mann. In seinem berühmten Werk *De re metallica, 1530* giebt er die erste Nachricht vom bergmännischen Kompaſs und dessen Gebrauch. Dieser Kompaſs, von dem er eine Abbildung giebt, ist in 2 . 12 Stunden eingetheilt, wie noch heut, und die Nadel schwebt darin mittelst eines Hütchens auf einem Stift. Die Kunst mit diesem Kompaſs Gruben anzulegen wird in dem Werk, obwohl es lateinisch geschrieben ist, mit dem deutschen Worte Marktscheidern belegt.

Die erste vollständige Anleitung zur Marktscheidekunst schrieb **Erasmus Reinhold** (gest. 1553), welche posthum erschien unter dem Titel: *Vom Marktscheiden, kurzer und gründlicher Unterricht durch Erasm. Reinh. Doctorem, Erfurt 1574.* Auch den eigentlich unter der Erde gebräuchlichen Hängekompaſs mit der doppelt ringförmigen Aufhängung des Seekompasses erfand ein Deutscher, der Bergmeister **Balthasar Röſsler** zu Altenburg im J. 1673.

Ich glaube diese Nachrichten, obwohl sie über die von uns näher betrachtete Periode hinausgehen, schon hier erwähnen zu müssen, als nun mit ihnen so ziemlich Alles erschöpft ist, was sich über die Erfindung des Kompasses und dessen gewöhnlicher Anwendung sagen läſst. Was die wissenschaftliche Benutzung dieses Instrumentes und die damit gemachten Entdeckungen betrifft, so behalte ich sie einer späteren Periode vor.

Zusatz.

Die Chinesen haben demnach nicht nur den Kompaſs gleichwie das Schieſspulver erfunden, oder wenigstens viel früher gekannt und gebraucht als die Europäer, sondern

sie haben auch gleichfalls Ansprüche auf die Priorität der dritten jener Erfindungen, welche man füglich als die Haupt- und Kardinal-Erfindungen zu bezeichnen hat, sie sind auch Erfinder der Buchdruckerkunst. Diese Kunst wurde erfunden im Königreich Schu, jetzige Provinz Szu-tschuen, welche von 891 bis 952 selbstständige Regenten hatte, im letzteren Jahr aber vom Kaiser Tschuang-tsung unterjocht ward. Die Könige von Schu hatten u. A. die vier Bücher des **Confucius** und mehrere Werke zum Unterricht der Jugend drucken lassen. Gewöhnlich druckten sie, wie es noch der Fall ist, und wie es auch vor **Gutenberg** in Europa geschah, mit gravirten Holztafeln; allein sie hatten auch einzelne Lettern und zwar von Kupfer. Durch solche kupferne Lettern ging die Kunst im J. 1205 von China nach Japan über. Die Europäer hätten mehr als hundert Jahre früher mit dieser Kunst bekannt werden können, wenn sie die persischen Historiker gelesen hätten, denn **Raschid-eddin** beschreibt ums Jahr 1310 in seiner Geschichte der Könige von Khatai ganz umständlich, wie die Chinesen es machten, daſs bei ihnen ein Exemplar eines Buches genau so aussehe wie das andere.

Papier, welches die Europäer erst im XII. Jahrhundert kennen lernten, und zwar auch erst durch die Araber, war den Chinesen ebenfalls schon Jahrhunderte bekannt und wurde bereits im J. 601 nach Japan eingeführt. Sie erfanden auch das Papiergeld und die Spielkarten, letztere 1120. — Die Europäer benutzten anfangs das alte Papyruspapier, später Baumwollenpapier, das die Araber schon 704 kannten und im XI. Jahrhundert nach Spanien einführten, von wo aus die Europäer es kennen lernten. Leinenpapier kommt erst zu Anfang des XIV. Jahrhunderts vor, und ist unstreitig eine europäische Erfindung. (Klaproth, Lettre p. 128; Libri, Histoire etc. I, 135; Busch, Handb. d. Erfind. X.)

Fünfzehntes Jahrhundert.

52. Für die Physik im engeren Sinne ist dieses in Beziehung auf die Kulturgeschichte so höchst merkwür-

dige Jahrhundert ein im Ganzen unfruchtbares. Man studirte und kommentirte **Aristoteles**, ohne dessen Lehren in irgend etwas zu berichtigen und zu erweitern. Dennoch treffen wir einzelne Männer an, die reich begabt mit hohen Fähigkeiten in anderen Zeiten gewifs Grofses in der Wissenschaft geleistet hätten. So müssen wir hier namentlich einen Mann nennen, den man im Allgemeinen nicht gewohnt ist in den Annalen der Wissenschaft glänzen zu sehen, obwohl er sich auf anderem Felde unsterblichen Ruhm erworben hat.

Es ist dies der grofse Maler **Leonardo (Lionardo) da Vinci**, geb. zu Vinci bei Florenz 1452, und gest. 1519 im Schlosse Cloux bei Amboise, nicht im Arme des Königs Franz I., sondern im Kreise seiner Schüler. **Leonardo** war nicht nur grofs als Maler, als Bildhauer, Baumeister und Musiker, sondern er hatte auch so viele Kenntnisse, eigene Ansichten und Ideen in den Wissenschaften, dafs man schon über die Mannichfaltigkeit derselben wahrhaft erstaunen mufs. Er trieb Algebra, Mechanik, Astronomie, Physik, Botanik und viele andere Zweige der Naturwissenschaft, und alles für die Zeit mit Auszeichnung.

Leider sind uns die Werke dieses hoch hervorragenden Mannes nur theilweise und lückenhaft bekannt; von ihm selbst verfafst haben wir nur einen *Trattato della pittura*. Seine übrigen Schriften, die er in Form von einzelnen Blättern hinterlassen hat, haben leider das Schicksal gehabt, dafs sie in unrechte Hände gekommen sind, zerstreut wurden und theilweise verloren gingen. Dennoch ist die Masse derselben sehr grofs, sie bilden 14 bis 15 Bände und werden gröfstentheils in Paris aufbewahrt. — Aus dem reichen Inhalt sei hier nur rein Physikalisches hervorgehoben. **Leonardo** entdeckte die Kapillarität und die Diffraktion, er kannte die Camera obscura, freilich ohne Linse, und gründete darauf eine Theorie des Sehens; er beobachtete den Widerstand, die Verdichtung und das Gewicht der Luft, die Staubfiguren auf schwingenden Flächen, die stehenden Wasserwellen, die Reibung und ihren

Effekt, erfand ein Dynamometer und viele zusammengesetzte Maschinen u. s. w., auch brauchte er schon nach **Libri** die Vorzeichen — und +.

Nächstdem sehen wir in diesem Jahrhundert die Astronomie sich aus ihrem Schlummer erheben, und wenn auch grade noch nichts von Bedeutung gefördert wird, so liegt doch in den vereinzelten Bestrebungen zur selbstständigen Thätigkeit der Keim zu den grofsen Entdeckungen, welche das folgende Jahrhundert dieser Wissenschaft bringen sollte.

Noch einmal sehen wir in diesem Jahrhundert im entlegenen Orient, gleichsam als einen Nachhall des rühmlichen Geistes arabischer Kalifen, den Trieb des Wissens in einem Fürsten auferstehen. Es war **Ulug-Beg**, Fürst der Mongolen, ein Enkel des berühmten Tamerlan, der nicht nur 1430 eine grofse Anzahl von Gelehrten in seine Hauptstadt Samarkand berief, daselbst eine Sternwarte bauen liefs, sondern auch selbst theilnahm an den Beobachtungen, und astronomische Tafeln veranstaltete, die noch jetzt einen gewissen Werth besitzen. Sein Beispiel fand indefs keine Nachahmer, mit der Ermordung dieses aufgeklärten Fürsten im J. 1449 verschwindet für immer aus diesen Gegenden jeder helle Strahl der Wissenschaft.

Mit besserem, obwohl immer noch vereinzeltem Erfolge sehen wir die Astronomie in Europa treiben. Als einen der ersten auf dieser rühmlichen Bahn müssen wir nennen den Kardinal **Nikolaus de Cusa**, geb. 1401, gest. 1464. Eigentlich hiefs er **Niklas Krebs** (Chrypffs), war der Sohn des Fischers **Johann Krebs** zu Cufs an der Mosel, und wird daher auch **Cusanus** genannt. Er ging als Jüngling nach Italien, ward Geistlicher, zeichnete sich durch Talent und Kenntnisse aus, so dafs er vom Papst Eugen nach Griechenland gesandt wurde, um eine Vereinbarung dér abendländischen mit der morgenländischen Kirche zu bewerkstelligen. Später wurde er Gesandter des Papstes auf dem Koncil zu Basel, hierauf Bischof von Brixen und endlich Kardinal.

Wir besitzen von ihm mehrere Werke astronomischen und mechanischen Inhalts, welche zwar nicht frei sind von Irrthümern, aber auch viele Beweise eines richtigen Urtheils enthalten. So ist **Cusa** einer von denen, welche die Nothwendigkeit einer Verbesserung des Kalenders einsahen, worin ihm **Roger Baco** bereits vorangegangen war, doch kam bekanntlich diese Verbesserung erst unter Papst Gregor XIII. im J. 1582 zu Stande.

Ferner gereicht es **Cusa** zu großser Ehre, dafs er unter den Neueren einer der ersten war, welcher die Wahrheit des Satzes erkannte, dafs die Erde rotire und nicht der Himmel. *Terra non potest esse fixa sed movetur ut aliae stellae*, sagt er in seinem Werke *De docta ignorantia, Basil. 1565.* Die Erde kreist aber nach ihm nicht um die Sonne, sondern Erde und Sonne kreisen *um die ewig wechselnden Pole des Universums*[1]). Spätere Historiker, welche diesen Ausspruch aus dem Zusammenhang rissen, sind wohl so weit gegangen, dem **Kopernikus** dieserhalb einen Theil seines Ruhmes zu nehmen, und denselben auf **Cusa** zu übertragen. Aber dies ist doch sehr mit Unrecht geschehen, denn jener eine Satz begründet noch lange nicht das kopernikanische System, nach welchem sich die Erde mit den Planeten um die Sonne dreht, und überdies scheint **Kopernikus** nichts von **Cusa** gewufst zu haben[2]). Aber ein Vorläufer von **Kopernikus** mufs **Cusa** allerdings genannt werden, wie **Hufs** von **Luther**.

In nähere Beziehung zur Physik tritt **Cusa** durch sein Buch *De staticis experimentis dialogus*, gedruckt Strafsburg 1550, worin sich mancherlei interessante Kuriositäten befinden, z. B. die Beschreibung verschiedener Wasseruhren, der Vorschlag gewogene Quantitäten von Samen in gewogene Quantitäten von Erde zu säen, und die daraus entstandenen Pflanzen zu wiegen, um zu sehen, ob diese alles aus der Luft entnehmen. Was aber das meiste Interesse für den Physiker hat, ist, dafs sich darin auch die

---

[1]) Humboldt, Kosmos III, 409.

[2]) Humboldt, Kosmos II, 503.

Idee zu der gewöhnlichen Art desjenigen Instrumentes angegeben findet, welches man Bathometer oder Tiefenmesser nennt.

Dieses Bathometer bestand aus einer hohlen Kugel beschwert mit einem Gewicht von solcher Gröfse, dafs das Ganze mit einer gewissen Geschwindigkeit untersinkt im Wasser. Das Gewicht ist mit der Kugel durch einen Mechanismus verbunden, der sich von dieser ablöst, so wie er von unten her einen Stofs empfängt. Taucht man nun das Instrument in einen See oder Flufs, so sinkt es mit einiger Geschwindigkeit zu Boden; dort angelangt, löst sich durch den Stofs das Gewicht ab, die Kugel steigt allein wieder in die Höhe, und aus der Zeit zwischen ihrem Untersinken und Wiedererscheinen wird die Tiefe berechnet.

Ein ähnliches Instrument hat ein gewisser **Pühler** in seiner *Geometrie, Dillingen 1563* beschrieben. Es wird dabei gesagt, Kaiser Maximilian habe auf diese Weise die Tiefe des Traun- und des Gmundener Sees messen lassen, und man habe sich dabei einer Wasseruhr bedient. Ob **Pühler** diese Idee von **Cusa** habe, sagt er nicht; später ist diese Idee unzähligemal wieder aufgefrischt worden.

53. Gleichzeitig mit **Cusa** lebten ein Paar Männer, die nicht sowohl durch ihre eigenen Leistungen, als vielmehr durch den Geist, welchen ihr Beispiel und ihre Lehre erweckten, mit Recht als die Wiederhersteller der Astronomie in Deutschland und überhaupt in ganz Europa angesehen werden. Es sind dies **Purbach** und **Regiomontan**, beide schon dadurch bemerkenswerth in der Geschichte der Wissenschaften, dafs sie die Lehrer des grofsen **Kopernikus** waren.

Georg Purbach auch Peuerbach, so genannt von seinem Geburtsort Peuerbach, einem Städtchen in Oberösterreich, war Professor der Astronomie an der 1365 gestifteten Universität Wien. Er wurde geb. 1423 und starb 1461. Seine eigenen Arbeiten, die hauptsächlich in einer Theorie der Planeten bestehen, haben freilich längst die Zeiten überlebt.

aber als Lehrer, der von nah und fern die wifsbegierige Jugend an sich zog, und mit der ptolemaeischen Astronomie bekannt machte, übte er einen sehr heilsamen Einflufs aus. **Regiomontan** und **Kopernikus** waren beide seine Schüler, und das allein schon hat seinem Namen ein bleibendes Andenken gestiftet.

Regimontanus hat seinen Namen von dem Städtchen Königsberg in Franken, wo er 1436 geboren ward. Eigentlich hiefs er **Johann Müller**, daher er auch wohl nach Sitte der Zeit Molitor genannt wurde. Er war ein frühzeitiges Genie, schon im 12. Jahre bezog er die Universität Leipzig und im 15. verliefs er sie, um sich unter **Purbach** ganz für die Astronomie auszubilden. Zehn Jahre darauf, als **Purbach** starb, ward er zu dessen Nachfolger im Lehramt ernannt.

Er machte nun mit dem Kardinal **Bessarion**, einem Beschützer der Wissenschaften, mehrjährige Reisen in Italien, hielt 1463 Vorlesungen zu Padua und lebte 1464 in Venedig mit der Ausarbeitung trigonometrischer Schriften beschäftigt. Nach seiner Rückkehr ging er auf den Ruf des Königs Matthias Corvinus von Ungarn nach Ofen, verliefs aber der Kriegsunruhen wegen 1471 diese Stadt, und liefs sich in Nürnberg nieder. Hier hatte er das Glück in dem reichen Patricier **Bernhard Walter** einen Schüler und Gönner zu gewinnen, der ihm nicht nur die Herausgabe seiner Werke möglich machte, sondern ihm auch die Mittel zur Fortsetzung seiner Studien verschaffte, wozu seine eigenen Vermögensumstände nicht ausreichten.

Von seinem grofsen Rufe unter den Zeitgenossen mag der Umstand zeugen, dafs Papst Sixtus IV. ihn der beabsichtigten Kalenderreform wegen 1474 nach Rom berief, wo er nach kurzer Zeit 1476 oder wie Einige angeben 1475 seinen Tod fand, nach Einigen an der Pest, nach Anderen durch Meuchelmord, den die Söhne des Georg von Trapezunt an ihm begingen aus Rache dafür, dafs er die von ihrem Vater gemachte Uebersetzung von **Theonis** Kommentar zum **Ptolemaeus** als sehr fehlerhaft bezeichnet

hatte. Dieser **Georg von Trapezunt** war ein Grieche, 1396 in Kreta geboren, der 1486 zu Rom als Praefectus gymnasii und Secretarius apostolicus gestorben ist. Er nannte sich Trapezunticus, weil er sein Geschlecht aus Trapezunt herleitete. Durch seine Uebersetzungen griechischer Werke, wenn sie auch mitunter fehlerhaft sein mochten, war er nicht ohne Verdienst für seine Zeit.

Regiomontan hat auch Verdienste um die Algebra, ferner durch seine Sinustafeln, und die Berechnung der astronomischen Ephemeriden für 1475 bis 1506; durch ihn ward Nürnberg auf längere Zeit ein vorzüglicher Sitz der Astronomie. Außer **Bernh. Walter** (1430 bis 1504) ist noch bemerkenswerth **Joh. Werner** (1468 bis 1498), der sich besonders durch seine geometrische Analysis bekannt gemacht hat.

Diese und andere rühmlichen Bestrebungen im Gebiet der Astronomie sind, wie schon gesagt, die einzigen Monumente der Naturforschung aus dem XV. Jahrhundert, so daſs, wenn man allein danach urtheilen wollte, leicht der Glaube erweckt werden könnte, es hätte die allgemeine Kultur Rückschritte in diesem Jahrhundert gemacht. Dem ist aber nicht so. Die allgemeine Civilisation, diese Basis, auf welcher Kunst und Wissenschaft allein in gedeihlicher Weise emporsprieſsen können, machte in Vergleich zu den früheren Zeiten bedeutende Fortschritte. Ja dieses Jahrhundert ist anderweit durch Erfindungen und Entdeckungen bezeichnet, die wahrhaft epochemachend genannt werden müssen. Dahin gehören die Erfindung der Buchdruckerkunst durch **Gutenberg** und seine Genossen ums J. 1440; die Entdeckung Amerikas durch **Columbus** im J. 1492, und die Auffindung des Seeweges nach Ostindien durch **Vasco de Gama** 1498.

So wie diese welthistorischen Ereignisse ihren mächtigen Einfluſs auf die Umgestaltung der Civilisation hauptsächlich erst in der Folgezeit in immer steigendem und selbst gegenwärtig noch lange nicht abgegränztem Umfang geltend machten, so war eine andere Begebenheit die Er-

oberung von Konstantinopel 1453 durch die Türken von näherer und wohlthätiger Einwirkung auf die zeitige Kultur der Wissenschaften im Abendlande. Sie führte Italien eine bedeutende Anzahl gelehrter Griechen zu, die aus ihrem Vaterlande flüchtend hier eine Freistätte suchten, und durch ihre Kenntnisse wesentlich dazu beitrugen, den Sinn für die Literatur des klassischen Alterthums zu erhöhen und zu erweitern. Sie haben mitgewirkt das neuere Italien zur Wiege der Künste und Wissenschaften zu machen.

Sechszehntes Jahrhundert.

54. Das wachsende Interesse für die exakten Wissenschaften spricht sich in diesem Jahrhundert zunächst durch gesteigerten Eifer für das Studium des klassischen Alterthums aus, einen Eifer, der freilich bei Vielen zu einer blinden Verehrung der Alten führte, und über das Aneignen des Ueberlieferten das selbstständige Forschen nur sehr spärlich und in beschränktem Maſse aufkommen lieſs. So sehen wir denn eine bedeutende Anzahl Gelehrter jener Zeit, besonders aus der ersten Hälfte des Jahrhunderts, ihre Kräfte darauf verwenden, die Werke der Alten zu übersetzen und zu kommentiren. Dahin gehören:

Venatorius, veröffentlichte 1544 eine lateinische Ausgabe des **Archimedes** und seines Kommentators **Eutocius.**

Jean Péna oder de la Pêne, ein provençalischer Edelmann, Professor zu Paris, übersetzte 1557 die Optik und Katoptrik des **Euklid** ins Lateinische.

Federigo Commandino, Mathematiker des Herzogs von Urbino und Arzt in der Stadt Urbino, geb. daselbst 1509, gest. 1575, dem Todesjahr von **Maurolykus**, dessen Schüler er war. Sein Hauptverdienst besteht in korrekten und kritischen Uebersetzungen der Werke alter Mathematiker aus der griechischen Urschrift ins Lateinische, so namentlich des **Archimedes, Ptolemaeus, Apollonius, Pappus, Hero, Euklid, Aristarch.** Seine eigenen Leistungen beschränkten sich auf freilich nicht erhebliche Untersuchungen über den

Schwerpunkt bei der Halbkugel und dem hyperbolischen Konoid.

Guido Ubaldo del Monte, fälschlich Ubaldi genannt, latinisirt **Montis**, war ein Schüler des **Commandino**, geb. 1545 zu Pesaro aus einer sehr angesehenen Familie und starb 1607. Er studirte zu Urbino und Padua, focht alsdann gegen die Türken und kehrte 1588 nach Italien zurück, wo er General-Inspektor der Festungen von Toskana wurde. Hier kam er mit **Galilei** zusammen, den er in seinen ersten Arbeiten sehr ermuthigte. **Del Monte** übersetzte das Werk von **Archimedes** über das Gleichgewicht, aber mehr als diese Arbeit trug zu seinem Ruf bei eine Mechanik, die 1577 erschien. Er vervollkommnete darin die Theorie der Maschinen, indem er sie alle auf den Hebel zurückführte, und diese Methode auf einige der sogenannten mechanischen Potenzen z. B. auf die Rolle mit Glück anwandte. **Galilei** spricht immer mit vieler Auszeichnung von ihm, nennt ihn einen sehr grofsen Mathematiker seiner Zeit, und **Lagrange** schreibt ihm die erste Entdeckung des Princips der virtuellen Geschwindigkeit beim Hebel und beim Flaschenzuge zu.

Besonders fand **Aristoteles** zahlreiche Uebersetzer und Kommentatoren, und sein Ansehen stieg bald zu einer solchen Höhe, dafs mehr als Einer es hat bitter bereuen müssen, sich gegen die Autorität des Peripatetikers aufgelehnt zu haben. Ein solcher Märtyrer des eigenen Nachdenkens ist **Peter Ramus**, Professor am Collège de France zu Paris, geb. 1502, gest. 1572, ein zu seiner Zeit sehr berühmter Mann. Er büfste seine Freimüthigkeit, wie einst **Roger Baco**, mit dem Verlust seiner Lehrstelle und hatte überdies die unwürdigste Behandlung zu erdulden, bis er zuletzt in der schrecklichen Bartholomäusnacht als ein Opfer seines Feindes und Kollegen **Charpentier** fiel.

Der Geist der Verfolgung traf besonders diejenigen, die neben der aristotelischen Philosophie auch die Lehren der herrschenden Kirche anzutasten wagten. Das traurigste Beispiel dieser Art hat uns die Geschichte in dem Schick-

sale **Giordano Bruno**'s aufbewahrt. Derselbe war in der Mitte des XVI. Jahrhunderts zu Nola in Campanien geboren und wurde anfangs Dominikanermönch. Sein heller aber auch unruhiger und zu Spöttereien geneigter Geist verwickelte ihn bald in mancherlei Streitigkeiten, und nöthigte ihn Italien zu verlassen. Er ging zunächst nach Genf, wo er zum Calvinismus übertrat, und dann, als er auch hier sich zu tief in theologische Streitigkeiten einliefs, nach Paris, wo er sich zum heftigen Gegner der aristotelischen Philosophie und der Dogmen des Katholicismus aufwarf, was zur Folge hatte, dafs er auch diese Stadt nach kurzer Zeit verlassen mufste. Er wandte sich nun nach London, und gab daselbst 1584 unter dem Titel *Spaccio della bestia trionfante* eine heftige Schrift gegen die katholische Religion, oder im Grunde gegen alle Religionen heraus. Im J. 1586 begab er sich nach Deutschland, wo er theils an der Universität zu Wittenberg docirte, theils zu Prag und zu Helmstädt unter dem Schutz des Herzogs Julius von Wolfenbüttel den Wissenschaften lebte. Im J. 1592 hatte er die Unvorsichtigkeit nach Italien zurückzukehren, wo er auch einige Jahre unbeachtet und unangetastet lebte. Allein 1598 wurde er zu Venedig von der Inquisition verhaftet, und nachdem er zwei Jahre im Kerker geschmachtet hatte, am 17. Februar 1600 als Apostat lebendig zu Rom verbrannt. Ehe er den Scheiterhaufen bestieg, sagte er zu seinen Richtern: Dieser Urtheilsspruch macht euch vielleicht mehr Furcht als mir[1]).

Bruno's zahlreiche Schriften sind meist philosophischen und metaphysischen Inhalts, aber es sichert ihm auch einen ehrenvollen Platz in der Geschichte der Naturwissenschaften, dafs er ein sehr eifriger und einsichtsvoller Anhänger des kopernikanischen Systems war. Erweiterungen in der experimentellen Physik verdanken wir **G. Bruno** nicht, wie denn überhaupt die Zahl der Männer, die in der ersten Hälfte des XVI. Jahrhunderts den Weg der Erfahrung

[1]) Libri, Hist. des sciences math. etc. IV, 143.

in den Naturwissenschaften einschlagen, in Italien und noch mehr in den übrigen Ländern Europas, äufserst gering ist. Dagegen sehen wir in diesem Jahrhundert die Mathematik, deren Fortschritte fast immer Hand in Hand mit denen der Physik gehen, sich gleichsam emancipiren, indem sie zuerst in nahmhafter Weise die Gränzen überschritt, bis zu welchen die Alten sie gebracht hatten.

Mathematik und Mechanik.

55. Zu denen, welche durch ihre Leistungen in der Mathematik auch zu den Fortschritten in der Naturlehre beitrugen, gehört unzweifelhaft **Geronimo Cardano**, geb. 1501 zu Pavia und gest. 1576 zu Rom. Er war ein Mann von Originalität und grofser Gelehrsamkeit; seine Schriften, die sehr zahlreich sind, umfassen Philosophie, Metaphysik, Mathematik, Physik und Medicin, auch trat er nacheinander in Pavia, Bologna, Mailand und Rom als öffentlicher Lehrer in der Mathematik und Arzneikunde auf. Alle seine grofse Gelehrsamkeit und Geistesgewandtheit schützte ihn aber nicht vor den Lächerlichkeiten eines kindischen Aberglaubens, und wenn er nicht sein Leben selber beschrieben hätte, würde man es kaum glauben, dafs soviel Einsicht auf der einen Seite mit so vielen Schwachheiten und Widersprüchen auf der andern gepaart sein könnten. Während er in der Philosophie die gröfste Kühnheit offenbarte, zitterte er vor jedem Prognostikon, wie denn Einige behaupten, er habe sich freiwillig dem Hungertode überliefert, um nur nicht das ihm prophezeite Sterbejahr zu überleben. Er glaubte auch, dafs er am 1. April 8 Uhr Morgens Alles vom Himmel erbitten und erhalten könnte, was er wünschte. Dabei war er von einem seltsamen, man kann wohl sagen zweideutigen Charakter, den er selbst in seiner Biographie so rücksichtslos zur Schau stellt, dafs seine Freunde ihn nur mit einer temporären Verrücktheit zu entschuldigen wissen.

Cardan's Schriften füllen nicht weniger als zehn Folianten. In physikalischer Rücksicht ist darunter eins der

bemerkenswerthesten das *Opus novum, Basil. 1570*, obwohl es doch im Ganzen des Neuen wenig enthält. So spricht er darin von der Nothwendigkeit bei der Bewegung von Projektilen auf den Widerstand des Mediums Rücksicht zu nehmen, wenn man deren Geschwindigkeit bestimmen wolle. Ferner suchte er die Pulsschläge als physikalische Zeitmesser anzuwenden. Er mafs auf diese Weise die Geschwindigkeit des Windes und fand, dafs der stärkste Sturm nur 50 Schritt während einer Pulsation zurücklege. Umgekehrt suchte er auch die Mathematik auf die Medicin anzuwenden, und stellte sich u. A. die sonderbare Aufgabe, ob die Medikamente nach arithmetischen oder geometrischen Verhältnissen ihrer Dosis wirkten. Auch bestimmte er die Dichtigkeit einiger Körper, theils durch Refraktion, theils durch ihren Widerstand gegen Projektile und fand, dafs die Luft 50 mal leichter als Wasser sei, ein Resultat, welches er indessen selbst für ungenau hielt.

Andere Beobachtungen und Bemerkungen finden sich in seinem Werke *De subtilitate, Parisiis 1552.* Hier spricht er von der Nothwendigkeit der Luft zum Verbrennen der Körper, dafs sich beim Verbrennen der Körper zweierlei Arten Rauch erzeugen, von denen die eine aus der Kohle aufsteige (Kohlensäure?). Er beschreibt auch mehrere Maschinen, so eine zum Beuteln des Mehls, einen Nachttelegraphen, diejenige Art von Vorlegeschlössern, die man nur öffnen kann, wenn man die darauf verzeichneten Buchstaben gehörig kombinirt; ferner eine Methode Blinde schreiben zu lehren u. s. w.

Gröfser sind seine Verdienste in der Mathematik. In seiner *Ars magna*, vollständig *Artis magnae sive de regulis Algebrae liber unus, Mediol. 1545*, finden sich zum ersten Male die imaginären Wurzeln der Gleichungen und die Regeln sie miteinander zu multipliciren aufgestellt. Diese Rechnung mit imaginären Gröfsen ist eine wichtige Entdeckung. Am bekanntesten ist aber **Cardan** durch die nach ihm benannte Regel zur Auflösung der Gleichungen des dritten Grades, die sogen. Cardanische Regel, die er in den Himmel

erhebt, und als eine Kunst preist, die allen menschlichen Scharfsinn, alle Intelligenz der Sterblichen übertreffe. Allein hier ist er sehr unverdienter Weise zu Ruhm gekommen, da er auf diese Entdeckung nicht den mindesten Anspruch machen kann.

Die erste Auflösung dieser Gleichung gab **Scipio Ferro**, von 1496 bis 1525 Professor der Mathematik in Bologna, der sie aber nicht bekannt machte, sondern im Vertrauen seinem Freunde **Ant. Fiore** mittheilte, von welchem sie nach **Ferro's** Tode verschiedenen Mathematikern u. A. dem **Tartaglia** 1535 der damaligen Sitte gemäfs in Problemen vorgelegt wurde. **Tartaglia** löste nicht nur diese Probleme, sondern es glückte ihm auch die allgemeine Lösung der Gleichung $x^3 + ax = b$ aufzufinden. Als **Cardan** hiervon hörte, säumte er nicht **Tartaglia** um die Mittheilung seiner Entdeckung zu bitten, welche dieser freilich versteckt in einem Verse 1539 dem **Cardan** angab. **Cardan** errieth die Lösung, und wiewohl er feierlich versprochen hatte, dieselbe geheim zu halten, machte er sie dennoch und zwar unter seinem Namen und als seine Entdeckung bekannt. Er hat allerdings später in seiner Ars magna anerkannt, dafs er die Lösung dem **Tartaglia** verdanke, aber dieser fand sich dennoch und mit Recht tief verletzt, da das Publikum fortfuhr trotz dieser Erklärung die gefundene Regel die Cardanische zu nennen. Uebrigens wurde diese Lösung bald noch durch **Ferrari**, einen Schüler **Cardan's**, erweitert.

Ludovico Ferrari aus Bologna, geb. 1522, stammte aus einer achtbaren aber sehr zurückgekommenen Familie; er trat als 15jähriger Jüngling in die Dienste von **Cardan**, zeigte aber bald soviel Eifer und Talent für die mathematischen Wissenschaften, dafs dieser ihn vom Diener zum Sekretär erhob und ihn unterrichten liefs. In kurzer Zeit wurde er Professor der Mathematik in Mailand, wo er in die Dienste des Prinzen Gonzaga trat, um für ihn eine Karte des Mailändischen zu entwerfen. Acht Jahre damit beschäftigt, sagte er sich plötzlich von dieser Arbeit los

und zog nach Bologna, wo er durch **Cardan** die Professur der Mathematik erhielt. Nicht lange darauf starb er 1565 im 43sten Lebensjahr, muthmaſslich vergiftet von seiner Schwester, der Erbin seines kleinen Vermögens. Er war ein Mann von vielem Talent.

56. Der mehrerwähnte **Niccola Tartaglia**, auch **Tartalea** genannt, wurde im Anfang des XVI. Jahrhunderts zu Brescia geboren; sein Vater, den er schon im 6ten Jahr verlor, war Postillon. Seine Mutter, die in dürftigen Umständen lebte, floh mit ihm und seinen beiden Brüdern in eine Kirche, als die Franzosen 1512 unter Gaston de Foix jenes bekannte schreckliche Blutbad in Brescia anrichteten. Allein auch hier waren sie nicht geschützt, die Franzosen drangen in die Kirche, und einer derselben versetzte dem armen Knaben einen so furchtbaren Säbelhieb, daſs der Schädel an mehreren Stellen verletzt, die Kinnbacken gespalten und der Gaumen durchschnitten wurde. Lange konnte er weder essen noch sprechen, und viele Jahre vermochte er nur zu stottern. Dadurch bekam er den Spottnamen **Tartaglia** von tartagliare stottern, den er selbst, da er seinen rechten Familiennamen nicht kannte, annahm und beibehielt.

An Jugendunterricht war bei **Tartaglia** seiner Dürftigkeit halber nicht zu denken; erst im 14. Jahre lernte er schreiben, und da er auſser Stande war einen Lehrer zu bezahlen, so soll er, wie man sagt, vom K an das Alphabet sich selbst gelehrt haben. So war er auch in allem Uebrigen und namentlich in der Mathematik Autodidakt, brachte es aber bei groſsem Talent für diese Wissenschaft dahin, daſs er im 30. Jahre das von **Ferro** hinterlassene Geheimniſs entschleiern konnte.

Er lehrte successive in Mailand, Venedig, seiner Vaterstadt Brescia und dann wieder in Venedig, wo er 1559 starb, zwar hoch geachtet von den Männern seines Faches, aber wenig belohnt von der Welt und unglücklich im Familienleben. In wie hohem Ruf er bei seinen Zeitgenossen stand, davon zeugen seine *Quesiti et inventioni diverse*, *Venezia 1546*, ein Werk in 9 Büchern, welches

nichts enthält als eine Sammlung von Aufgaben, die von ihm gelöst wurden, und die ihm von Männern der verschiedensten Art vorgelegt waren, von Mönchen, Architekten, Doktoren, Professoren, Ambassadeuren und Prinzen.

Tartaglia hat viele Werke verfafst, u. A. ein vollständiges Lehrbuch der Mathematik, wovon der dritte Theil nach seinem Tode erschien; aber der Theil, worin er die Lösung der Gleichungen des dritten Grades giebt, ist nicht auf uns gekommen. Auch die Mechanik, speciell die Ballistik, war ein Gegenstand seines Nachdenkens und in seiner *Nuova scienza*, *Venezia 1537* von ihm abgehandelt. Es ist darin u. A. der Satz aufgestellt, dafs die Bahn einer abgeschossenen Kugel in allen ihren Theilen krummlinig sei. Das war damals nicht die herrschende Lehre, vielmehr glaubte man allgemein zu jener Zeit, dafs die Bahn einer abgeschossenen Kugel, überhaupt eines geworfenen Körpers, drei verschiedene Stadien habe, dafs sie im ersten grade, im zweiten krumm und im dritten wiederum grade sei. Man nannte die erste Bewegung die gewaltsame, die zweite die gemischte und die dritte die natürliche. Es sind diese Ideen von **Aristoteles** entlehnt, wie man systematische solcher Gattung viele bei demselben antrifft. Man glaubte auch, dafs der krumme Theil der Bahn ein Kreisbogen sei, den die beiden gradlinigen Stücke tangiren.

Ein gewisser **Santbeck** schrieb selbst noch 1561 ein Buch *Problematum astronom. et geometr. sectiones septem*, worin er behauptete, eine abgeschossene Kugel fliege in grader Linie fort so lange, bis, wie er meint, die Kraft sich erschöpft habe und dann falle sie plötzlich senkrecht herab. Auf diese widersinnige Theorie gründete der Mann eine Ballistik! Daraus kann man das Verdienst beurtheilen, welches **Tartaglia** sich erwarb, als er zuerst die Bahn eines Projektils in allen ihren Theilen für krummlinig erklärte. Er ging noch weiter, er folgerte, dafs die Schufsweite am gröfsesten sei, wenn man die Kugel unter 45^0 Neigung in die Höhe schiefse, denn er schlofs, dafs für die Neigung 0^0 und 90^0 die Amplitude $= 0$ sei, und diese daher bei 45^0 ihr Maximum habe.

Beide Resultate sind richtig, aber die Schlüsse, durch welche sie gefunden wurden, sind es nicht. Wären die Schlüsse richtig gewesen, so hätte **Tartaglia** im Besitze der Gesetze des Falles der Körper sein müssen, die erst von **Galilei** aufgefunden wurden.

Den Schlufsstein dieser Reihe von Mathematikern bildet **Raphael Bombelli**, der wie **Ferro** und **Ferrari** in Bologna geboren war, doch wann ist nicht bekannt. Er schrieb im J. 1572 eine Algebra, in der methodisch alle damaligen Kenntnisse in dieser Wissenschaft auseinander gesetzt sind. Es enthält strenge und vollständige Beweise, entwickelt den ganzen vorliegenden Stoff zum ersten Male in einer systematischen Form, und hat nicht wenig zu den Fortschritten der Wissenschaft beigetragen.

57. Ueberhaupt ist Italien im XVI. Jahrhundert reich an Männern, welche die mathematischen und mechanischen Wissenschaften kultivirten und welche, wenn sie auch bis auf **Galilei**, dessen Vorgänger sie gleichsam ausmachen, nur ein Geringes zur Erweiterung der Kenntnisse beitrugen, doch zur Verbreitung derselben mitwirkten, wie sie uns andererseits schon durch ihre Anzahl einen sprechenden Beweis von der fortgeschrittenen Einbürgerung der exakten Wissenschaften an die Hand geben. Zu solchen Männern gehören:

Geronimo Fracastoro, geb. 1483 zu Verona, gest. daselbst 1553, war ein durch medicinische Schriften bekannter Arzt, aber auch um die Mechanik sehr verdient. Er schrieb 1538 ein zu Venedig erschienenes Werk *Homocentricorum seu de stellis liber unus* über das Weltgebäude, worin er die Lehre von den Epicykeln bestritt, und eine Andeutung von dem wichtigen Satz der Zusammensetzung der Kräfte gab (s. § 100). Man könnte **Fracastoro** vielleicht auch einigen Antheil an der Erfindung der Fernröhre zuschreiben, denn in seiner Homocentrica heifst es, dafs man die Gegenstände viel gröfser und näher sähe, wenn man zwei Linsen aufeinander lege [1]).

[1]) Libri, Hist. des sc. math. III, 101.

Marino Ghetaldi ein Ragusaner von Geburt, der 1609 als venetianischer Gesandter in Konstantinopel starb. Er verfaſste ein Werk *Archimedes promotus*, *Romae 1603*, in welchem er Bestimmungen über das specifische Gewicht verschiedener Körper gab, die mit zu den ersten und für die Zeit ganz hinlänglichen gehören. Es waren 12 Körper, deren specif. Gewicht er bestimmte, nämlich von Gold, Silber, Quecksilber, Blei, Kupfer, Eisen, Zinn, also die sieben Metalle der Alten, dann Wasser, Wein, Honig, Essig, Oel.

Valerio, ein Römer, schrieb 1604: *De centro gravitatis solidorum*, *Romae*, worin er den Schwerpunkt einer beträchtlichen Zahl von Körpern, darunter alle Konoide und Sphäroide sowie Segmente beider, bestimmte, für welche man bis dahin diesen Punkt noch nicht hatte bestimmen können. **Galilei** spricht immer mit groſser Achtung von **Valerio**.

Benedetti, lat. **Benedictis**, geb. 1530 zu Venedig, gest. 1590 zu Turin als Mathematiker des Herzogs von Savoyen, ist unter den Vorgängern **Galilei's** auf dem Gebiet der Mechanik wohl der bedeutendste. Er ist es darum, weil er sich in einem 1585 zu Turin erschienenen Werke *Diversarum speculationum math. et physicarum liber* als ein selbstständiger Denker erweist, der nicht unbedingt alles von **Aristoteles** annimmt, bloſs weil es von diesem kommt.

Unter Anderem hatte er von der Centrifugalkraft schon eine recht klare Idee. Er leitet sie ab von einer Neigung der Körper sich in grader Linie fortzubewegen, und daraus schlieſst er, daſs ein herumgeschleuderter Körper, wenn er losgelassen werde, in Richtung der Tangente des beschriebenen Kreises fortfliegen müsse. Ebenso zeigte er, daſs bei krummen oder winkelförmigen Hebeln im Gleichgewicht die Kräfte umgekehrt proportional seien den Perpendikeln gefällt vom Drehpunkt des Hebels auf die Richtung der Kräfte. Dadurch gerieth er auf die Betrachtung des Falles, wo die Kräfte in nicht paralleler Richtung auf einen graden Hebel wirken, ein Fall, der im XIV. und XV. Jahrhundert

zu lebhaften Streitigkeiten unter den Mathematikern geführt hatte.

Benedetti war ein Schüler **Tartaglia's** und veröffentlichte schon in seinem 23. Lebensjahre ein Buch, welches die Lösung aller Aufgaben des **Euklid** und Anderer mit einer einzigen Oeffnung des Zirkels enthielt.

Optik.

58. Endlich habe ich zweier Männer zu gedenken, die außer den mechanischen Doktrinen auch die optischen kultivirten, und sie durch einige Leistungen nicht unerheblich bereicherten, nämlich **Maurolykus** und **Porta.**

Franciscus Maurolykus wurde geboren 1494 zu Messina und starb daselbst 1575. Sein Vater war ein Grieche, der Konstantinopel aus Furcht vor den Türken verlassen und seinen Wohnsitz in Messina genommen hatte. Im 27. Jahre trat der Sohn in den geistlichen Stand, und brachte es darin bald so weit, daſs er Abt von Santa Maria del Partu bei Castro nuovo wurde. Seine Kenntnisse und seine Persönlichkeit erwarben ihm groſses Ansehn, wovon unter Anderem der Umstand zeugt, daſs er gleich **Newton** zum Direktor der Münze erwählt wurde, und mit den ausgezeichnetsten Männern seiner Zeit in Briefwechsel stand. Don Juan d'Austria, Philipp des Zweiten von Spanien natürlicher Bruder, erbat sich von ihm Instruktionen zum Seekriege gegen die Türken, und man sagt **Maurolykus** habe diesem seinen groſsen Sieg über die türkische Flotte bei Lepanto 1571 vorhergesagt. Trotz seines geistlichen Amts lehrte er den gröſsten Theil seines Lebens Mathematik in Messina, beschäftigt nebenher mit der Abfassung zahlreicher Schriften.

Unter diesen nehmen die mathematischen, was das Volumen betrifft, den ersten Rang ein. Schon 1540 arbeitete er eine immense mathematische Encyklopädie aus, die alles einschloſs, was ihm von Arbeiten griechischer, römischer, arabischer und mittelalterlicher Mathematiker bekannt war. Die groſse Fruchtbarkeit an mathematischen

Marino Ghetaldi ein Ragusaner vor *la mathematica* zu
als venetianischer Gesandter in Kon cht auch der Umstand,
verfaſste ein Werk *Archimedes pr* und es in Person gegen
welchem er Bestimmungen über en ihm bei seinen Lands-
verschiedener Körper gab, d ten Archimedes.
die Zeit ganz hinlänglicher es nicht seine mathematischen
deren specif. Gewicht chen Schriften, welche seinen
Silber, Quecksilber, gebracht haben, sondern mehr
sieben Metalle der 1575 zu Venedig unter dem Titel:
Essig, Oel. *de lumine et umbra* erschien. Sie ist
Valerio, e Lücke, die auf Bruder **Theodorich** in der
solidorum, R Optik eintritt, bemerkenswerth, wiewohl
lichen Z des Neuen auch nicht viel enthält.
Sphäroi glücklicher Gedanke von ihm, wodurch er
man Vortheil von seinen Vorgängern **Alhazen**
kör unterscheidet, muſs es betrachtet werden, daſs
V Funktionen der Krystalllinse des Auges aus den
der Glaslinsen zu erklären suchte. Er setzt
Empfindung des Sehens nicht mehr auf die Krystall-
wie seine Vorgänger, sondern läſst die Strahlen in
Linse und hinter derselben sich brechen. Auch gab
von der Kurz- und Weitsichtigkeit wenigstens eine
approximative Erklärung. Weitsichtig sei der, dessen
Krystalllinse zu wenig gekrümmt sei und die Strahlen von
nahen Gegenständen nicht stark genug breche, woraus er
dann die Wirkung der Brillen erklärt. Daſs sich auf dem
Grunde des Auges ein förmliches Bild von dem gesehenen
Gegenstand erzeuge, war **Maurolykus** noch unbekannt.

Von der Refraktion hatte **Maurolykus** gleichfalls sehr unvollständige Begriffe. Er hielt den Brechungswinkel noch für proportional dem Einfallswinkel und meinte, derselbe sei $\frac{3}{8}$ des letzteren beim Uebergang des Lichts aus Luft in Glas. Aus diesem Grunde muſste denn auch sein Bemühen scheitern den Brennpunkt einer Linse oder Kugel zu bestimmen, er gab indeſs, was bemerkenswerth ist, die erste Andeutung von Brennlinien, nämlich von den durch Refraktion gebildeten, den diakaustischen Linien.

vom Regenbogen besaſs er nur mangelhafte
..u Beweis, daſs er mit **Theodorich's** Werk
. Er maſs die Halbmesser des innern und
..ens, welche beim inneren 40 bis 42°,
..s 53° betragen, konnte aber diese
..einer Theorie in Uebereinstimmung
.. die Bogen durch eine äuſsere Reflexion
..nere in den Tropfen entstehen, und Durch-
.. 45° und 56° haben sollten. Für den inneren
z. B. nahm er an, daſs die auf die Wolke fallenden
..rahlen von allen Seiten unter 45° zum Auge gelangen, theils in Folge der Reflexion von der Auſsenwand der Tropfen, theils nach siebenmaliger Reflexion von der Innenwand, wobei sich denn auch die Strahlen mit Farben tränken, deren er sieben unterschied.

Glücklicher war **Maurolykus** in der Erklärung einer anderen Erscheinung, die man auch im Freien zu beobachten Gelegenheit hat, nämlich in der, daſs wenn die Sonne durch eine kleine Oeffnung scheint, und diese selbst eine ganz unregelmäſsige Gestalt hat, wie z. B. die Zwischenräume im Laubwerk, dennoch ein heller Fleck von kreisrunder Gestalt sichtbar wird. Jeder Punkt dieser Oeffnung, sagt er, ist die Spitze eines Strahlenkegels, dessen Basis die Sonnenscheibe ist. Beim Fortgang durch die Oeffnung bilden die Strahlen wiederum Kegel, die von einer senkrecht zur Axe derselben gerichteten Ebene in Kreisen geschnitten werden, welche nunmehr die Grundflächen dieser Kegel sind, die demnach mit den von der Sonne kommenden Doppelkegel ausmachen. In der auffangenden Ebene müssen alle diese Kreise der Gestalt eines einzigen Kreises desto näher kommen, je kleiner die Oeffnung gegen die Kreise, d. h. je weiter die auffangende Ebene von ihr entfernt ist[1]. — Er stellte diese Beobachtung auch zur Zeit einer Sonnenfinsterniſs an, und bemerkte, daſs jedwede Oeffnung ein Bild von Sichelgestalt giebt, wenn die Sonne selbst diese Gestalt besitzt.

[1]) Wilde, Gesch. d. Optik I, 129.

59. Noch einflufsreicher auf seine Zeitgenossen war der zweite der vorhin genannten Männer. **Giambattista della Porta**, ein Neapolitaner aus einer angesehenen Familie, geb. 1538, gest. 1615 zu Neapel. **Porta** war ein Mann von anregendem lebhaften Geist, ausgerüstet mit einem reichen Schatz des Wissens, den er zum Theil auf Reisen nach den vorzüglichsten Städten Europas eingesammelt hatte. Er besafs ein nicht ungewöhnliches Talent zum Experimentiren, versuchte sich in verschiedenen Zweigen der Physik mit Glück, und bereicherte einige derselben mit Erfindungen und Entdeckungen. Dennoch würde man zu weit gehen, wenn man ihn, wie wohl geschehen ist, neben **Galilei** als einen Begründer der neueren Physik aufführen wollte. Seinen Arbeiten mangelt, trotz aller ihrer Verdienstlichkeit jener Ernst und jener philosophische Geist, der aus allen Leistungen des grofsen Florentiners hervorleuchtet.

Porta warf sich anfangs auf die schöne Literatur, er schrieb an 24 Dramen, theils Trauer- theils Lustspiele, von denen die letzten zu den besten ihrer Zeit gehören. Daneben las er die Schriften alter Naturforscher, wodurch auch in ihm bald ein lebhafter Sinn für Naturforschung erwachte, oder richtiger ein Hang zum Wunderbaren und Geheimnifsvollen, den er dadurch zu befriedigen suchte, dafs er alles sammelte, was er an solchen Dingen in den ihm zugänglichen Werken fand.

Als ein Verdienst mufs es **Porta** angerechnet werden, dafs er den ersten bedeutenderen Versuch machte die Bestrebungen Einzelner auf ein gemeinsames Ziel zu lenken, was in damaliger Zeit nöthiger war als jetzt. Er gründete nämlich in seinem Hause im J. 1560 die erste eigentliche physikalische Gesellschaft unter dem Namen *Academia secretorum naturae.* In diese Gesellschaft wurde Keiner aufgenommen, der nicht eine Entdeckung gemacht oder eine neue Thatsache mitgetheilt hatte. Leider machte der römische Stuhl aus religiösen Bedenken diesem vielverheifsenden Verein bald ein Ende (s. § 156).

Porta's Hauptwerk führt den Titel *Magia naturalis*, und wurde von ihm 1553 verfaſst, als er 15 Jahr alt war, woraus sich ergiebt, daſs er 1538 und nicht 1543, wie Einige angeben, geboren ist. Die erste Ausgabe dieses Werkes ist nicht auf uns gekommen; die älteste noch vorhandene datirt von 1558 und erschien zu Neapel. Auch diese ist noch selten, gewöhnlicher ist der Abdruck, den **Plantin** 1564 in Antwerpen machen lieſs. Diese erste Ausgabe mit ihren späteren Abdrücken enthält nur 4 Bücher mit folgendem Inhalt:

1) Untersuchungen über Ursachen und deren Wirkungsweisen; — eine Art Metaphysik von geringem Werth.

2) Operationen; — darin finden sich Vorschriften zur Hervorbringung allerlei wunderbarer und seltsamer Dinge, u. A. Beschreibung einer Lampe, welche die Eigenschaft haben soll, daſs die von ihr beleuchteten Personen mit einem Pferdekopf erscheinen. Ferner in einem andern Kapitel eine Anweisung, wie mittelst eines Magneten die Keuschheit einer Frau zu erkennen sei! Dagegen weiter hin eine Stelle, die da zeigt, daſs **Porta** einige Idee von den stündlichen Veränderungen der magnetischen Deklination besaſs.

3) Das dritte Buch befaſst sich mit Alchemie, und enthält verschiedene Vorschriften zur Affinirung der Metalle.

4) Das vierte Buch endlich behandelt die Optik. Darin findet sich die Beschreibung desjenigen Instruments, welches **Porta**'s Namen eine gewisse Berühmtheit in der Physik gegeben hat, nämlich die Camera obscura, wovon sogleich mehr.

Diese erste Ausgabe wurde von den Zeitgenossen, für welche das Uebernatürliche, Wunderbare und Geheimniſsvolle nicht minder Reiz hatte wie für ihren Verfasser, fast verschlungen. Sie wurde aus dem lateinischen Text in nicht weniger als 5 lebende Sprachen übersetzt, ins Italienische, Französische, Spanische, Deutsche und sogar ins Arabische. Der reiſsende Beifall seines Werks veranlaſste **Porta** im J. 1589 eine neue und sehr vermehrte

Auflage desselben herauszugeben. In der Vorrede zu dieser Ausgabe sagt er, er habe während der Zwischenzeit nicht aufgehört alle alten Schriftsteller zu lesen, habe Reisen gemacht in Italien, nach Frankreich und Spanien, habe alle Bibliotheken durchforscht, habe Gelehrte und Künstler besucht um Geheimnisse von ihnen zu erfahren, hinzusetzend er sei Tag und Nacht beschäftigt gewesen durch Versuche zu prüfen, ob das Gelesene und Gehörte auch alles wahr sei.

In dieser Ausgabe finden sich der Albernheiten und Lächerlichkeiten weniger als in der früheren, daher sie denn auch weniger als die letztere gelesen wurde, aber dennoch findet sich darin noch vieles, was der Verfasser schwerlich durch eigene Erfahrung geprüft und bestätigt gefunden haben kann. Sie enthält tausenderlei Thatsachen, ohne allen wissenschaftlichen Zusammenhang und Zweck bunt durcheinander gewürfelt, ein wahres Vademecum.

Diese Ausgabe enthält 20 Bücher, von denen **Porta** einige späterhin in erweiterter Gestalt als besondere Werke herausgab, z. B. das Buch von den Ziffern, die Pneumatik, Destillation u. a. m. In dem Kapitel vom Magnetismus heifst es, dafs der Magnet in Distanz durch alle Körper hindurchwirke mit Ausnahme des Eisens, und dafs die Kompafsnadel vom Meridian abweiche, in Italien etwa 9° östlich. Im Kapitel von der Destillation behandelt er die Frage in wieviel Luft (Dampf) sich eine gegebene Menge Wasser verwandeln könne, auch spricht er darin von der Ausdehnung der Luft durch Wärme, und beschreibt eine Art Thermometer. Im Kapitel von der Refraktion erörtert er die zufälligen, d. i. subjectiven Farben, die optischen Täuschungen und die prismatische Farbenzerstreuung. Darin findet sich auch ein Versuch mit zwei aufeinander gelegten Linsen, dessentwegen man wohl für **Porta** einen Anspruch auf die Ehre der Erfindung der Fernröhre erhoben hat, ja **Porta** selbst. Indefs ist der Versuch nichts weiter als der von **Fracastoro** und begründet keinen Anspruch; hätte **Porta** ein Fernrohr dargestellt, so würde er schon nicht geschwiegen haben.

In dieser vermehrten Ausgabe der Magia naturalis von 1589 machte nun **Porta** auch eine Erfindung bekannt, die ebenso unterhaltend als lehrreich ist, nämlich die Erfindung der Camera obscura. In der Regel wird **Porta** ohne weiteres für den Erfinder dieses nützlichen Instrumentes ausgegeben; indeſs kann man ihm diese Ehre nicht unbedenklich zugestehen, ja es ist überhaupt schwer zu entscheiden, sowohl hier als bei anderen Gegenständen, wie groſs der Antheil von **Porta** eingentlich sei. Die Magia naturalis ist kein Originalwerk, sondern eine Sammlung von Erfahrungen aus den mannichfaltigsten Quellen, die der Verfasser entweder zufällig oder absichtlich, um sich bei den Lesern in ein höheres Licht zu stellen, fast immer verschweigt.

In Betreff der Camera obscura spricht schon das gegen **Porta**, daſs er sich selbst nicht für den Erfinder ausgiebt, und in der That kann er dies auch nicht, denn die Camera findet sich schon in den unedirten Manuskripten des **Leonardo da Vinci** beschrieben. Das hat **Venturi** 1797 in seinem *Essai sur les ouvrages de L. da Vinci* nachgewiesen, ist aber dennoch allgemein übersehen worden.

Venturi citirt eine Stelle aus einem Kommentar zum **Vitruv**, den ein gewisser **Cesariano** zu Como 1521 erscheinen lieſs, worin die Erfindung einem Benediktinermönch **Dom Panunce** zugeschrieben wird. Da **L. da Vinci** 1519 starb und sich nicht selbst die Erfindung beilegt, so wäre es möglich, daſs sie dem **Dom Panunce** angehört. **L. da Vinci** ging übrigens weiter als **Dom Panunce**, indem er eine Anwendung von der Camera obscura auf die Theorie des Sehens machte.

Auch andere Personen sprechen von der Camera, so **Ignatio Danti** ein Dominikanermönch (s. unten), welcher 1573 die Perspectivá des Euklid übersetzte, und in den Noten derselben von der Camera obscura spricht ohne **Porta's** zu erwähnen. — Es ist indeſs wohl zu bemerken, daſs alle diese dunklen Kammern sehr unvollkommene Instrumente waren.

Porta's Kammer hatte anfangs ein bloſses Loch in dem Fensterladen, mit welchem ein Zimmer verfinstert war, und eine weiſse Fläche fing die einfallenden Strahlen auf; später setzte er eine konvexe Linse in die Oeffnung und damit war das Instrument fertig, die Bilder waren scharf begränzt. Er begnügte sich nicht damit bloſs opake Gegenstände als Gebäude, Landschaften, Personen und dgl. in seinem Zimmer sich abbilden zu lassen, sondern er wandte auch transparente Zeichnungen auf ähnliche Weise an. Den Figuren in diesen Zeichnungen ertheilte er auch mancherlei Bewegungen, und dieses Kunststück verschaffte ihm nicht nur die Bewunderung aller derer, die es sahen, sondern brachte ihn auch in den damals etwas gefährlichen Ruf eines Zauberers.

Die Camera obscura mit transparenten Gegenständen giebt **Porta** einen nicht unbegründeten Anspruch auf die Erfindung eines zweiten sehr bekannten Instruments, der Laterna magica, denn das ist eine solche Laterna obscura. Gewöhnlich wird die Erfindung der Laterna magica dem Pater **Kircher** zugeschrieben, allein im Grunde hat derselbe an dieser Erfindung keinen weiteren Antheil, als daſs er ihr eine Einrichtung gab, die der heutigen nahe oder gleich kommt. Da **Kircher** nämlich erst in der zweiten Ausgabe seiner *Ars magna lucis et umbrae* vom J. 1671, aber noch nicht in der ersten 1646 zu Rom erschienenen, davon spricht, und **Deschales**, ohne **Kircher** auch nur zu erwähnen, berichtet, daſs ihm bereits 1665 von einem Dänen eine Laterna magica mit zwei konvexen Gläsern gezeigt sei, so gilt **Kircher** wohl mit Unrecht für den Erfinder derselben [1]).

60. Der oben bei der Camera obscura genannte Dominikanermönch **Ign. Danti**, der später zum Bischof von Alatri erhoben ward, war ein um die Astronomie und Mathematik wohl verdienter Mann, und von Gregor XIII. zu der Kommission zugezogen, welche die Kalenderreform ins

---

1) Wilde, Gesch. d. Optik I, 294. Vergl. § 192.

Werk setzte, auch stammt von ihm der früher so vielfach bewunderte Meridian in der Kirche Maria Novella zu Florenz her. Er starb 1586.

Hinsichtlich der mehrfach erwähnten Kalenderreform sei hier nur bemerkt, daſs unter **Julius Caesar** im J. 707 der Erbauung Roms von dem griechischen Astronomen **Sosigenes** und dem Römer **Marcus Fabius** der julianische Kalender ausgearbeitet wurde, der bis zum J. 1582 in allen christlichen Kirchen üblich war. Danach hatte das Jahr 365¼ Tage und die Einrichtung, daſs auf drei Jahre mit 365 Tagen ein viertes mit 366 Tagen folgte. Der Schalttag lag zwischen dem 23. und 24. Februar. Das Jahr war aber nach diesem Kalender um 11 Minuten zu lang, und dadurch das Frühlingsäquinoktium im XVI. Jahrhundert vom 21. März auf den 10. März gekommen. Die von Gregor XIII. eingesetzte Kommission bestimmte deshalb, daſs im J. 1582 der Tag nach dem 4ten Oktober nicht der 5te, sondern der 15te genannt werden solle, und späterhin alle 400 Jahre drei Schalttage auszulassen seien, indem man nur den durch 4 theilbaren Jahrhunderten den Schalttag lieſs. Hiernach sind 1600, 2000, 2400 u. s. w. Schaltjahre; 1700, 1800, 1900 u. s. f. gemeine Jahre.

In dem Vorangehenden habe ich in der Aufzählung aller dieser Männer die chronologische Folge absichtlich bei Seite gestellt, um die verwandten Bestrebungen auf dem Felde der Mechanik und Optik vor **Galilei**'s Auftreten kurz zusammen zu fassen. Verlassen wir jetzt für einige Zeit Italien, um uns dem Manne zuzuwenden, der durch seine Leistungen das erste Fundament zur neueren Naturforschung legte, ich meine den Gründer der heutigen Astronomie.

Kopernikus.

61. Nikolaus Kopernikus geb. d. 19. Febr. (a. St.) 1473 zu Thorn, gest. zwischen 7. und 21. Mai (a. St.) 1543 zu Frauenburg als Kanonikus am Dome daselbst.

Nicht selten wird **Kopernikus** für einen Polen ausgegeben und diese Ansicht ist gewissermaſsen legalisirt wor-

den, seit ihm zu Warschau ein Standbild errichtet ist mit der Inschrift *Nicolao Copernico grata patria.* Allein dieses Denkmal liefs 1809 Napoleon bei Thorwaldsen bestellen, und zwar ursprünglich für Thorn, es kam aber erst und nicht ohne Kämpfe mit den russischen Behörden 1829 in Warschau zur Aufstellung. Ferner errichtete der Graf Sierakowsky dem **Kopernikus** in der St. Annen-Kirche zu Krakau ein Denkmal mit der Inschrift *Sta sol, ne moveare.*

Für die polnische Abkunft des **Kopernikus** führt man gewöhnlich eine Stelle aus **Zernecke's** Thornischer Chronik an, worin es heifst *Patre Nicolao Copernico, cive cracoviensi.* Indefs ist die Quelle dieser Notiz nicht nachgewiesen, und es findet sich nirgend eine Bestätigung weiter als in einer Geschlechtstafel bei **Centner**: *Geehrte und gelehrte Thorner,* welche von einem ungenannten Elbinger herrühren soll, und worin als Eltern des berühmten Astronomen genannt werden *Nicolaus Copernicus, Cracoviensis, civis Thorunensis, conjux Wasselrodia, Lucae a Wasselrod* (eigentl. *Waisselrode*) *episcopi Varmiensis soror.*

Nichtsdestoweniger haben wir Deutsche sehr triftige Gründe den **Kopernikus** für unseren Landsmann zu halten.

In dem Gerichtsbuch der Altstadt Thorn findet sich die Angabe, dafs bereits im J. 1400 ein Koppernick einen gerichtlichen Erbvertrag mit einem gewissen Augustin geschlossen habe, und unter demselben Namen Koppernick wird der Vater des Astronomen in dem Kürbuch der Stadt 1465 als altstädtischer Gerichtsschöppe aufgeführt. Danach ist die gewöhnliche Angabe, es sei Kopernikus der Vater erst 1463 aus Krakau nach Thorn gezogen, höchst unwahrscheinlich, denn schwerlich würde man einem Nationalpolen, der erst zwei Jahre zuvor eingewandert war, ein Amt verliehen haben, zu welchem eine so gründliche Kenntnifs der deutschen Sprache erforderlich sein mufste.

Ueberdies ist der Name Koppernick, der hier zweimal vorkommt, kein polnischer und der Name der Mutter des Astronomen Barbara Waisselrode entschieden deutsch.

In Schlesien giebt es mehrere Ortschaften, welche Namen führen wie Koppirnick, Köppernig und ähnliche, und bei denen früher Bergbau, namentlich auf Kupfer betrieben wurde. Im Altvatergebirge heifst ein Berg Köpprichstein auch Köppernikstein. Die Vorfahren des **Kopernikus**, sagt die Schlesische Zeitung vom 7. Februar 1873, stammen aus dem Eulengebirge und sind Kupferbergleute oder Kupferschmiede gewesen, welche aus Köppernick zuerst nach Frankenstein gekommen, und sich von da aus nach Krakau, Thorn und Danzig verbreitet haben. Im J. 1422 machen zwei Geschwister in Thorn, Margaretha und Hans Koppernick der Kupferschmied, eine Erbschaft in Frankenstein, die ihnen ein Peter Koppirnick von Frankenstein übersendet.

In Krakau übrigens wie in Posen bestanden deutsche Gemeinden, denen seit 1250 deutsches Stadtrecht bewilligt war, und deren Raths- und Gerichtsbücher meist lateinisch, mitunter auch deutsch, aber bis ums Jahr 1570 nicht polnisch geführt wurden. Es kann daher wohl sein, dafs der Vater des Astronomen Bürger in Krakau war, aber er würde darum noch immer der deutschen Nation angehören, und dies selbst noch in dem Falle, dafs er in Krakau geboren wäre. Dazu kommt, dafs die Stadt Thorn und das Bisthum Ermland von jeher dem deutschen Orden angehörten und dafs, wenn erstere sich auch wenige Jahre vor der Geburt des Astronomen von dem Orden lossagte, sie doch nicht ein integrirender Theil der Republik Polen wurde, sondern sich nur traktatenmäfsig unter den Schutz des Königs von Polen begab. Man kann also nicht einmal sagen, dafs **Kopernikus** in Polen geboren sei.

Dafs man auch in den Kreisen, welchen **Kopernikus** persönlich nahe stand, ihn nicht als einen Polen betrachtete, ersieht man aus einem Schreiben des Bischofs **Martin Cromer** vom 21. November 1580 an sein Domkapitel, worin es heifst: *Cum N. Copernicus vivens ornamento fuerit atque etiam nunc post fata sit, non solum huic Ecclesiae, verum*

etiam toti Prussiae patriae. suae, iniquum esse puto, eum post obitum carere honore sepulchri sive monumenti.[1])

Endlich verdient noch bemerkt zu werden, dafs **Kopernikus** aufser lateinisch nur deutsch schrieb, nicht polnisch.

62. Kopernikus studirte zunächst Medicin auf der Universität Krakau, und erwarb sich dort auch die medicinische Doktorwürde. Mathematische Vorlesungen von einem **Brudzewski** (Albertus de Brudzewo) erweckten aber bald in ihm die Vorliebe für Astronomie und gaben Veranlassung, dafs er sich nach beendigten Studien nach Wien begab, um den Unterricht der beiden berühmtesten Astronomen damaliger Zeit **Purbach** und **Regiomontan** zu geniefsen. Er blieb indefs nicht gar lange dort, sondern eilte im 23. Lebensjahre nach Italien, wo sich auch die beiden eben genannten Männer gebildet hatten.

Mehrere Jahre hielt er sich in Bologna bei **Domenico Maria Novara** auf, der daselbst seit 12 Jahren Astronomie lehrte, und für einen ausgezeichneten Astronomen galt. Dennoch trug sich dieser Mann mit der sonderbaren Idee, dafs sich die Polhöhe der Orte in Italien und Spanien seit **Ptolemaeus** Zeiten vergröfsert habe, die von Cadix z. B. um einen ganzen Grad, obwohl die Polhöhen, auf die er sich stützte, für die meisten Orte nur durch die Dauer des längsten und kürzesten Tages bestimmt worden waren.

Kopernikus verweilte sehr lange in Italien; womit er sich indefs im Speciellen während dieser Zeit beschäftigte, weifs man nicht, es ist nur bekannt, dafs er am 9. März 1497 zu Bologna eine Bedeckung des Aldebaran durch den Mond, sowie im Jahre 1500 zu Rom eine Mondfinsternifs beobachtete, und daselbst um diese Zeit mit Beifall Mathematik lehrte. Ebenso ist unbekannt, wann er aus Italien zurückkehrte; nur so viel weifs man, dafs er nicht lange nach der Heimkehr in sein Vaterland durch seinen Onkel Lucas, den Bischof von Ermland, ein Kanonikat am Dom zu Frauenburg erhielt, eine Stellung, welche für die

---

[1]) Humboldt, Kosmos II, 497.

Wissenschaft die wichtige Folge hatte, daſs er sich nun ungestört seinen Ideen über das Weltsystem hingeben konnte, welche er vermuthlich in Italien zuerst aufgefaſst hatte.

Von nun an führte **Kopernikus** ein sehr zurückgezogenes Leben; man weiſs nur noch, daſs er 1521 von dem Frauenburger Domkapitel zum Abgeordneten für den Landtag zu Graudenz erwählt wurde, und dort einen Auftrag zur Verbesserung des Münzwesens übernahm. Ein anderes Zeichen seiner Wirksamkeit ist eine Wasserleitung zu Frauenburg, die zum Theil noch erhalten ist, und durch welche er die Wohnungen der Domherren mit dem Wasser der Baude versorgte.

Seine Hauptbeschäftigung blieb indeſs die Astronomie. In stiller Zurückgezogenheit über den Bau des Weltsystems nachdenkend stiegen ihm allmählich Zweifel auf, daſs derselbe von so verwickelter Einrichtung sein sollte, als es die ptolemaeische Lehre angab. Er faſste, man weiſs nicht wann zuerst, den Gedanken, daſs wohl eine einfachere Erklärung möglich sei. Sich selber miſstrauend wagte er indeſs noch nicht von der durch ein mehr als tausendjähriges Alter geheiligten Lehre abzuweichen. Er schlug daher die Alten nach und fand, daſs bereits Einige derselben anderer Meinung als **Ptolemaeus** gewesen waren. Dies bestärkte ihn in seinem ersten Gedanken; er ging demselben weiter nach, jeden Schritt mit der Erfahrung vergleichend, und da er keinen Widerspruch fand, immer dreister seinem Genius folgend. So reiften allmählich seine Ideen zu einem systematischen Ganzen, das bereits 1530 im Wesentlichen abgeschlossen war.

Einzelnes daraus hatte er nach und nach seinen gelehrten Freunden in Deutschland brieflich mitgetheilt, und diese drangen in ihn die groſsen Entdeckungen der Welt bekannt zu machen. Immer aber konnte er sich nicht entschlieſsen öffentlich gegen **Ptolemaeus** aufzutreten, bis endlich im Jahre 1536 die Bitten seines Freundes, des Kardinals v. Schomberg, Bischofs von Padua, den Sieg

etiam toti Prussiae patriae suae, iniqu … Jahre
post obitum carere honore sepulchri sive … liefern.
Endlich verdient noch bemerkt … d Georg
pernikus außer lateinisch nur deutsch … Rhäticus
62. Kopernikus studirte zunä … arbeitung
versität Krakau, und erwarb sich … gends sein
Doktorwürde. Mathematische … **nikus** Augen
zewski (Albertus de Brudze …
die Vorliebe für Astrono … as Manuskript
er sich nach beendigte … chen. **Osiander**
den Unterricht der … **chöner**, Professor
maliger Zeit **Purba** … selbst, besorgten. Der
blieb indeß nicht … nym dazu die Vorrede, die
jahre nach Itali … **kus** selbst verfaßte blieb hand-
Männer gebil … es Grafen Nostiz in Prag, und wurde
Mehrer … der von **Baranowski** veranstalteten Pracht-
Maria No … Werkes lateinisch gedruckt, woraus sie auch
lehrte, … des Deutsche übersetzt ist.
Denn … **Kopernikus** mußte wohl ein Vorgefühl haben, daß
daß … seine Ideen dem römischen Stuhl nicht angenehm sein
p … möchten, und vielleicht war das mit einer der Gründe, weshalb er so lange zögerte sie zu veröffentlichen. Daher widmete er sein Werk dem Papst Paul III., und trug in der Dedikation ebenso fein als gewandt seine Ideen nur als eine Hypothese vor, um die Erscheinungen des Weltbaues faßlicher zu machen. Aber das Werk selbst giebt überall die vollgültigsten Beweise, daß diese Ideen seine tiefste unerschütterlichste Ueberzeugung waren.

63. Das Werk des **Kopernikus**, die Frucht des reiflichsten Nachdenkens und keineswegs ein bloß flüchtiger Entwurf, gründet sich auf folgende drei Hauptsätze:

1) Die Erde dreht sich von West nach Ost um eine feste Axe, und daraus entspringt die tägliche Bewegung der Himmelskörper von Ost nach West, die daher nur eine scheinbare ist.

2) Die Erde läuft, während sie sich von West nach Ost um ihre Axe dreht, in derselben Richtung zugleich

, und dabei behält die Axe fortwährend eine
einen bestimmten schiefen Winkel gegen
dbahn machend. Daraus erklären sich

so laufen auch alle Planeten um die
it, daſs diese zuweilen vorwärts
en, zuweilen rückwärts sich be-

ei Sätze, und nur die Ver-
pernikanische Weltsystem.
gen, wenn man **Kopernikus'**
ug würdigen und gegen die An-
will, die früher sehr ungerechter Weise
ernikus erhoben worden sind. Bei unpar-
ener Abwägung seiner Verdienste stellt sich nämlich
heraus:

Den ersten Satz behaupteten schon einige der Alten, namentlich **Heraklides** aus Pontus, **Ekphantus** der Pythagoräer und **Nicetas** oder Hicetas von Syracus. Letztere meinten sogar, die Bewegung der Erde um ihre Axe allein reiche hin, die Bewegungen aller übrigen Planeten zu erklären. Dies wuſste sogar **Kopernikus**, denn er selbst sagt durch Lesen des **Cicero** und **Plutarch** es erfahren zu haben. Allein dies beweist noch nicht, daſs **Kopernikus** seine erste Idee aus den Alten geschöpft habe, und überdies war der Satz von der Rotation der Erde selbst bei den Alten ganz unbeachtet geblieben, selbst die ersten Astronomen hatten sich gegen ihn erklärt.

Was den zweiten Satz betrifft, so findet sich allerdings eine Andeutung davon in der Lehre des **Aristarch** von Samos (280 v. Chr.), welcher, wie wir durch **Archimedes** wissen, behauptete, daſs die Sonne still stehe, und die Erde in einem schiefen Kreise um dieselbe laufe. Er lehrte aber auch, die Sphäre der Sterne drehe sich um die Sonne, nur sei diese Sphäre so groſs, daſs der Kreis der Erde sich zu ihr wie das Centrum eines Kreises zu seiner Peripherie verhalte.

In diesen Aussprüchen liegt allerdings etwas wahres, das man aber schwerlich herausfinden wird, wenn man es nicht schon kennt, überdies fanden dieselben nicht die geringste Beachtung. **Aristarch** selbst wurde sogar von **Kleanth** der Irreligiosität, der Versündigung gegen den Vestadienst angeklagt, und mufste aus Athen entfliehen, und die berühmtesten Astronomen des Alterthums **Hipparch** und **Ptolemaeus** erwähnen seiner gar nicht. Nur **Aristoteles** führt als eine Meinung der Pythagoräer an, dafs sie glaubten, die Erde laufe um das Feuer, aber er verwirft diese Meinung als eine ungereimte Hypothese. Uebrigens scheint **Kopernikus** nichts von der Aeufserung des **Aristarch** gewufst zu haben.

Den dritten Satz endlich, welcher unstreitig der allgemeinste ist, hat vor **Kopernikus** Niemand gelehrt, er ist sein unbestrittenes Eigenthum.

64. Ueber die Ursache des Laufs der Planeten, ihr Vorwärtsgehen, Stillstehen und Rücklaufen hatten die Alten lange Zeit sich gar keine Vorstellung gebildet. Erst als **Plato** den Astronomen die Frage vorlegte, wie diese Erscheinung zu erklären sei, stellte der Pythagoräer **Eudoxus**, der ums J. 370 v. Chr. lebte, die wunderliche Hypothese von der Bewegung der Planeten in Epicykeln auf, die später **Ptolemaeus** zu einem förmlichen System ausarbeitete. Nach diesem System stand die Erde unbeweglich im Weltall, und um sie drehten sich der Reihe nach: Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter, Saturn, und dann kam die sogenannte achte Sphäre, die Fixsternsphäre.

Dies System, das sich über tausend Jahr in unangefochtenem Ansehen erhielt, war schon in Betreff der Anordnung der Planeten fehlerhafter als ein älteres, welches nach **Makrobius** die alten Aegypter aufstellten, und nach welchem sich wenigstens Merkur und Venus um die Sonne drehten. Es wurde auch von **Vitruv** und **Martianus Capella** vorgetragen, ohne der Aegypter zu erwähnen. Allein dieses System kam ganz in Vergessenheit und wurde durch das Ansehen des ptolemaeischen völlig verdrängt. Dasselbe

stützt sich hauptsächlich auf zwei Hypothesen. Scheinbar nämlich bewegen sich Sonne und Mond in Kreisen um die Erde, und da diese Bewegung eine ungleichförmige ist, bald schneller bald langsamer, so nahm man nach **Ptolemaeus** an, die Erde stehe nicht im Mittelpunkt dieser Kreise, weshalb die an sich gleichförmige Bewegung von dem excentrischen Standpunkt aus nicht als solche erscheinen könne. Da ferner die übrigen fünf Himmelskörper schleifenähnliche Bahnen am Himmel beschreiben, so erklärte **Ptolemaeus** diese dadurch, daſs er die Planeten gleichförmig auf Kreisen, Epicykeln, laufen lieſs, deren Mittelpunkte selbst wieder Kreise um die Erde beschrieben.

Ptolemaeus selbst scheint gefühlt zu haben, daſs sein System etwas komplicirt sei, denn er sagte, es sei lange nicht so schwer die Planeten zu bewegen, als ihre Bewegung zu begreifen. Dennoch erklärte sein System die Erscheinungen nur unvollkommen, und in dem Maſse als die Beobachtungen vervielfältigt wurden, traten die Mängel desselben immer deutlicher hervor. Man sah sich daher genöthigt, Abänderungen in den von **Ptolemaeus** aufgestellten Hypothesen zu machen, und zu den von ihm ersonnenen Epicykeln noch neue hinzuzufügen. Dadurch wurden die Schwierigkeiten aber keineswegs beseitigt, im Gegentheil nur immer noch gröſser gemacht, und es trat eine heillose Verwirrung ein, die bereits im XIII. Jahrhundert eine solche Höhe erreicht hatte, daſs Alfons X., König von Kastilien, als ihm die Astronomen das Weltsystem erklärten, sich den Scherz erlaubte zu sagen, wenn Gott ihn bei der Schöpfung um Rath gefragt hätte, so würde er die Sache einfacher eingerichtet haben.

Alle diese Schwierigkeiten verschwanden nun durch die kopernikanische Lehre mit einem Schlage. Der scheinbare Lauf der Planeten, der früher soviel Kopfbrechens gemacht hatte, erklärte sich ganz einfach, und statt der früheren Komplikation trat die schönste Harmonie hervor.

65. Keiner vor **Kopernikus** hat den Ausspruch gethan, daſs die Erde in gleichem Range stehe mit den fünf

damals bekannten Planeten, sich wie diese um die Sonne drehe, und dafs andererseits der Mond, der in allen früheren Systemen zu den Planeten gezählt wird, ein Weltbürger anderer Ordnung, ein Satellit der Erde sei. Wie leicht und ungezwungen erklären sich die Schleifen der Planetenbahnen, von deren Entstehung die Epicykel nur eine nothdürftige Vorstellung gaben, durch die einfache Thatsache, dafs wir von der Erde, einem ebenfalls kreisenden Standort aus, die Bewegung der anderen Planeten beobachten, die uns deshalb bald rückwärts, bald vorwärts zu gehen oder still zu stehen scheinen, weil die Richtung unserer eigenen Bewegung zeitweise der ihrigen gleich und dann wieder entgegengesetzt ist.

Die unsterblichen Verdienste, welche sich **Kopernikus** durch Aufstellung und sorgfältige Durchführung dieser seiner Lehre erworben hat, dürfen uns jedoch nicht übersehen lassen, dafs dieselbe mit mancherlei Irrthümern und Mängeln behaftet war. So glaubte er, dafs um den Parallelismus der Erdaxe aufrecht zu erhalten noch eine besondere Bewegung nöthig sei, und er legte daher der Erde eigentlich drei Bewegungen bei. Ferner hielt er die Planetenbahnen noch für Kreise und zwar excentrische. Endlich wies er keine Ursache von den Bewegungen nach, welche er den Planeten beilegte. Sein Weltsystem war gleichsam ein naturhistorisches, das die Dinge beschrieb, wie sie seiner Ansicht nach waren, ohne auf den Grund der Erscheinungen zurückzugehen.

Kopernikus scheint nur eine ganz dunkle Ahnung von der allgemeinen Gravitation gehabt zu haben, und von den Gesetzen der Planetenbewegung war ihm natürlich nichts bekannt. Auch in andern Dingen hatte er noch beschränkte Ansichten, wie er denn noch glaubte, dafs die Fixsterne dunkle Körper wären, die nur von der Sonne erleuchtet würden, eine Meinung, die bald darauf schon **Giordano Bruno** verwarf. Dieses alles sind indefs nur unbedeutende Flecke, die den strahlenden Ruhm, welchen **Kopernikus** sich um die Schläfe wand, nicht verdunkeln können!

Kopernikus ist und bleibt ein hell leuchtendes Gestirn am Firmament der Wissenschaft; allein es ging zu einer Zeit auf, wo der Horizont noch mannichfach von Nebeln umdüstert war. Die kopernikanische Lehre machte anfangs selbst bei den Astronomen wenig Glück, das ptolemaeische Weltsystem war zu alt und stand zu sehr in Ansehen, als daſs es hätte auf einmal verdrängt werden können. Ihre ersten Anhänger fand die neue Lehre in Deutschland, doch auch hier nur in geringer Zahl; dahin gehören:

Rhäticus (geb. 1514, gest. 1576), der schon früher genannte Freund von **Kopernikus**.

Erasmus Reinhold (geb. 1511, gest. 1553), Professor zu Wittenberg, der sich indeſs nicht ganz vom ptolemaeischen System trennen konnte, und daher seine *Tabulae prutenicae* doppelt berechnete, nach dem System von **Ptolemaeus** und von **Kopernikus**. Die Tafeln waren dem Herzog Albrecht v. Preuſsen und Markgrafen v. Brandenburg gewidmet, daher ihr Name.

Christoph Rothmann, von 1577 an Astronom des Landgrafen Wilhelm v. Hessen-Kassel.

Michael Mästlin (Möstlin) geb. 1550 zu Göppingen in Würtemberg, gest. 1631, Professor der Mathematik und Astronomie zu Tübingen. Von diesem würdigen Mann, dem Lehrer des groſsen **Keppler**, sagt man, daſs er durch eine in Italien gehaltene Rede **Galilei** zum Anhänger des kopernikanischen Systems gemacht habe, obwohl er in seiner *Epitome astronomiae, Tubing. 1582,* noch das ptolemaeische Weltsystem vorträgt.

Von **Mästlin** ist auch das aschfarbene Licht des Mondes vor und nach seiner Konjunktion mit der Sonne, das *Lumen secundarium, Lumière cendrée* zuerst richtig durch das von der Erde auf den Mond zurückgeworfene Sonnenlicht erklärt. Noch **Tycho** läſst es durch Reflex des Sonnenlichts an der Venus entstehen.

Im Ganzen machte die Anerkennung der kopernikanischen Lehre in den ersten 40 bis 50 Jahren nur geringe

Fortschritte, und selbst diese wurden noch empfindlich gehemmt, als ein Mann von grofsem Ansehen sich zum Gegner derselben aufwarf, nämlich

Tycho Brahe.

66. **Tycho Brahe** (eigentlich Tyge, mit Unrecht häufig de Brahe), aus einer altadligen Familie Schwedens abstammend, war geb. 1546 in Schonen, unweit Helsingborg auf Knudstrup, und starb zu Prag 1601. Er war zum Studium der Rechte bestimmt, und besuchte in dieser Absicht die Universitäten Kopenhagen und Leipzig. Allein als er noch ein vierzehnjähriger Knabe war, machte eine Sonnenfinsternifs am 21. August 1560, oder vielmehr das Eintreten derselben zu dem im Voraus berechneten Zeitpunkt einen solchen Eindruck auf ihn, dafs er seitdem eine entschiedene Vorliebe zur Astronomie fafste, und ihr Zeit und Geld widmete, soweit es der väterliche Hofmeister gestattete. Bereits im 17. Jahre 1563 fand er zu Leipzig durch eigene Beobachtungen, dafs die damaligen Tafeln für Jupiter und Saturn sehr fehlerhaft waren, eine Konjunktion derselben sehr unrichtig angaben.

Die geringe Aussicht, welche sein Vaterland für die Kultur der Astronomie darbot, bestimmte ihn, nach vollendeten Studien im Auslande zu verweilen, besonders in Deutschland.

Nur selten und dann auf kurze Zeit die Heimath besuchend, lebte er folgeweise in Wittenberg, Kassel, Augsburg, Regensburg und selbst in Venedig. In Rostock verlor er in einem Duell mit einem dänischen Edelmann einen Theil seiner Nase, den er später durch ein künstlich gearbeitetes Stück aus Silber ersetzte. Bei seinem Aufenthalt in Kassel lernte er den Astronomen **Rothmann** und dessen Schutzherrn, den Landgrafen Wilhelm IV., sowie in Regensburg den Kaiser Rudolph II. kennen. Endlich nach 10 Jahren, während welcher sich **Tycho** durch verschiedene astronomische Arbeiten schon rühmlich bekannt gemacht hatte, rief ihn der König Friedrich II. von Dänemark, besonders

auf die Verwendung des Landgrafen Wilhelm IV., zurück in die Heimath unter Bewilligungen, die namentlich für die Zeit höchst glänzend genannt werden müssen. Er gab ihm aus dem Sundzoll ein Jahrgehalt von 2000 Thalern, verlieh ihm ein Reichslehen in Norwegen, ein Kanonikat am Dom von Roeskilde, die Pfründe St. Laurentii, die 1000 Thaler abwarf, und schenkte ihm überdies die jetzt zu Schweden gehörige kleine Insel Hven im Sunde als Eigenthum zur Erbauung einer Sternwarte.

Diese Sternwarte, zu welcher am 8. August 1576 der Grund gelegt wurde und die den Namen Uranienborg bekam, wurde unter **Tycho**'s Leitung bald das berühmteste Institut seiner Art, sowohl durch seine Einrichtung als auch durch seine Ausstattung mit Instrumenten, die **Tycho** zum Theil selber verbessert hatte, besonders aber durch die Beobachtungen und Werke, welche unter **Tycho**'s Händen von demselben ausgingen. Von nah und fern strömten Gelehrte und Ungelehrte, hohe und höchste Herrschaften dahin, um das Wunder seiner Zeit zu sehen; was freilich **Tycho** nicht gerade zum Vortheil gereichte, da es ihn zu einem Aufwand veranlaſste, der am Ende doch seine hohen Einnahmen überstieg.

Einundzwanzig Jahre verlebte **Tycho** in dieser behaglichen und der Wissenschaft so fördersamen Unabhängigkeit, als sein Gönner Friedrich II. im J. 1597 starb, und unter dessen Nachfolger Christian IV. seine Neider es dahin brachten, daſs ihm bis auf den Besitz des Eilandes Hven, das nur 200 Thaler eintrug, alle übrigen Einkünfte entzogen wurden. Er wandte sich nun an Kaiser Rudolph II. in Prag, dessen Bekanntschaft er, wie erwähnt, in Regensburg gemacht hatte, und fand an diesem einen nicht minder groſsmüthigen Beschützer als in Friedrich II. Der Kaiser bewilligte ihm ein Jahrgehalt von 3000 Goldgulden und überdies ein Lehen, sobald eins erledigt würde.

Diese Gunst des Kaisers muſs billig befremden, wenn man weiſs, daſs er gleichzeitig **Keppler**, der doch **Tycho** an Geist unendlich überlegen war, darben lieſs, so daſs

dieser genöthigt war, sich als Hülfsrechner bei **Tycho** zu verdingen. Aber das Räthsel klärt sich auf, wenn man weifs, dafs Kaiser Rudolph in **Tycho** nicht grade den Astronomen ehrte, sondern ihn als Astrolog und Alchemist in seine Dienste nahm. Astrologie und Alchemie waren neben der Sternkunde immer Lieblingsbeschäftigungen des ausgezeichneten Astronomen gewesen, und besonders hatte er in jüngeren Jahren die letztere eifrig getrieben, um Reichthümer zu erlangen, wenngleich in der edlen Absicht dieselben zum Besten der Wissenschaft zu verwenden.

Kaiser Rudolph liebte nun ebenfalls die Alchemie mit Leidenschaft und errichtete ihr in Prag eine Freistätte, die zwar hin und wieder einen tüchtigen Mann herbeizog, aber auch zum Sammelplatz von Abenteurern und Glücksrittern aller Länder wurde. **Tycho** ist einer der Wenigen, bei denen die kaiserliche Liebhaberei wirklich Gutes stiftete, denn er hörte auch in seiner neuen Stellung nicht auf, für die Astronomie thätig zu sein. Leider dauerte aber seine Thätigkeit in Prag nicht lange, denn schon im J. 1601, zwei Jahre nach seiner Ankunft daselbst, ereilte ihn der Tod, wie man angiebt in Folge davon, dafs er sich an der kaiserlichen Tafel den Urin zu lange verhalten hatte.

67. **Tycho** war ein vortrefflicher Beobachter, der sich um die praktische Astronomie bleibende Verdienste erworben hat, ja man kann ihn in manchem Bezuge als den hauptsächlichsten Förderer derselben bei den Neueren betrachten. Abgesehen von den Verbesserungen, die er an den Instrumenten seiner Zeit anbrachte, war er es z. B., der zuerst die untere und obere Lage des Polarsterns im Meridian zur Bestimmung der Polhöhe eines Orts benutzte, während man vordem, und noch **Kopernikus** that es, sich der gröfsten und kleinsten Höhe der Sonne im Meridian zur Bestimmung der Höhe des Aequators bediente. **Tycho** entdeckte die Ungleichheit in der Bewegung des Mondes, die man Variation nennt, ferner die Veränderlichkeit der Mondbahn gegen die Ekliptik, sowie die Ungleichförmigkeit der Mond-

knoten in ihrer Bewegung gegen den Lauf des Mondes, auch verbesserte er wesentlich die Sternkarten.

Aber in seinen theoretischen Ansichten war er nicht glücklich. Statt das kopernikanische System anzunehmen, glaubte er ein neues aufstellen zu müssen, das er für besser hielt, in der That aber ein Rückschritt zum ptolemaeischen System war. Er nahm nämlich an, die Erde stehe unbeweglich im Weltall und um sie drehen sich Mond, Sonne und die Fixsternsphäre. Um die Sonne liefs er die fünf Planeten kreisen, und das war die einzige Abweichung von **Ptolemaeus.**

Tycho machte dies System, zu dessen Annahme er theils durch theologische theils durch astronomische Gründe bewogen ward, bekannt in dem Werk: *De mundi aetherei recentioribus phaenomenis*, welches 1588 zu Uranienborg angefangen, in Prag vollendet und 1610 zu Frankfurt a. M. gedruckt wurde. Er konnte sich nicht entschliefsen, die Bewegung der Erde einzuräumen, weil sie den Aussprüchen der Bibel zuwider ist [1]). Dann meinte er auch, wenn die Erde um ihre Axe rotire, so müsse ein Stein, der an der Westseite von der Spitze eines Thurmes herabfalle, hinter dem Thurm zurückbleiben. Man könne sich nicht vorstellen, alle 24 Stunden auf dem Kopfe zu stehen, auch müsse durch die Schwungkraft alles zerstreut werden, und gegen den Umlauf der Erde um die Sonne wendete er den Mangel der Parallaxe der Fixsterne ein.

Die Bewegung der Erde war dem **Tycho** der Hauptanstofs in der kopernikanischen Lehre, bis auf diesen Punkt ist sein System im Grunde ganz in Uebereinstimmung mit **Kopernikus.** Es sieht demnach aus, als wenn **Tycho** nur aus einer Art von Eigensinn das kopernikanische System

---

[1]) Solche Aussprüche stehen: Josua, Kap. 10, v. 12, 13. Im Kriege gegen die Amoriter sagt Josua auf des Herrn Geheifs „Sonne stehe still zu Gibeon und Mond im Thale Ajalon! Da stand die Sonne und der Mond stille, bis dafs sich das Volk an seinen Feinden rächete". — Pred. Salomo, Kap. 1, v. 5: „Die Sonne geht auf und geht unter und läuft an ihren Ort, dafs sie daselbst wieder aufgehe".

verworfen habe, indeſs behauptet er, er sei im J. 1582 durch genaue Beobachtung der Parallaxe des Mars darauf geleitet worden, die nach dem ptolemaeischen System unmöglich ist. In einer späteren Schrift: *Astronomiae instauratae progymnasmata, Pragae 1603,* räumte er zwar ein, daſs die Bewegung der Planeten sich einfacher nach dem kopernikanischen System erklären lasse, allein dennoch konnte er sich wegen des Widerspruchs mit der Bibel nicht zur Annahme desselben entschlieſsen. Dies ist wenigstens der Grund, den er gegen den Astronomen **Rothmann** anführt, denn die übrigen Gründe gegen die Rotation der Erde hatte dieser bereits widerlegt.

Ungeachtet seiner Mangelhaftigkeit fand doch das tychonische System im Allgemeinen viel Beifall, besonders bei denen, die nicht selbst zu denken gewohnt waren, und sich durch die Autorität des Urhebers bestimmen lieſsen. Nur Männer wie **Keppler**, **Mästlin**, **Galilei** u. A. blieben unerschütterlich bei dem kopernikanischen System. Diese Festigkeit ist besonders an **Keppler** zu rühmen, da derselbe sich in einer von **Tycho** abhängigen Stellung befand, und dieser bis zu seinem Tode nicht aufhörte, Versuche zu machen, **Keppler** zu seiner Lehre zu bekehren.

Ein Gutes hatte indeſs diese Lehre, nämlich dadurch, daſs sie gleichsam dem ptolemaeischen System den Todesstoſs versetzte. Von nun an war nur noch von **Kopernikus**' und **Tycho**'s System die Rede, aber leider zählte das letztere die meisten Anhänger, darunter **Riccioli**, **Rheita**, **Morin**, **Deschales** u. A. Die meisten derselben nahmen es auch unverändert an, nur **Longomontan**, ein Schüler des **Tycho**, glaubte sich eine kleine, aber freilich sehr wesentliche Abänderung erlauben zu dürfen. Ihm kam es denn doch gar zu unwahrscheinlich vor, daſs sich der Fixsternhimmel täglich um die Erde drehen sollte, wie **Tycho** lehrte; er lieſs es daher zu, daſs die Erde sich drehe, erlaubte aber nicht, daſs sie von der Stelle gehe.

Longomontanus, eigentlich **Christian Severin**, von seinem Geburtsort Langberg in Jütland **Longomontan** genannt, war

1561 geb. und starb 1647 als Professor der Mathematik in Kopenhagen. Er lebte einige Jahre mit **Tycho** zusammen in Prag, hat aber daselbst durch seine Opposition gegen **Keppler** grade keinen sonderlichen Ruf hinterlassen.

So wenig **Tycho** übrigens Ursache hatte auf sein System eifersüchtig zu sein, so gab es doch einen Landsmann von ihm, der ihm dasselbe streitig zu machen suchte. **Nikolaus Rymers** aus Henstede im Dithmarschen, gewöhnlich **Reimarus Ursus** genannt, ein Feldmesser, der sich später kaiserlicher Mathematiker nannte, zuletzt in Prag lebte und 1600 daselbst starb, behauptete, er habe das System 1585 entdeckt, es dem Landgrafen Wilhelm IV. mitgetheilt, und durch dessen Astronomen **Rothmann** habe es **Tycho** erfahren.

Keppler.

68. Während durch solche und ähnliche Bemühungen die beiden Lehren in den Augen des gröſseren Publikums ein fast gleiches Ansehn behaupteten, fügte es sich, daſs nur wenige Jahre nach **Tycho**'s Tod die kopernikanische Lehre die allerentschiedenste Bestätigung erhielt, und zwar durch den Mann, der, solange Wissenschaften geachtet bleiben, die Zierde und der Stolz der deutschen Nation wird genannt werden müssen, durch **Keppler.**

Johann Keppler, geb. 1571 am 27. Dec. im Dorfe Magstatt unfern der ehemaligen Reichsstadt Weil und gest. 15. Nov. 1630 (n. St.) zu Regensburg. Die Lebensverhältnisse dieses groſsen Mannes bieten ein unerfreuliches Gemälde dar, in welchem sich der zerrissene politische Zustand Deutschlands zu jener Zeit in trauriger Weise abspiegelt. Seine Erlebnisse bilden eine Kette von Bedrängnissen und Widerwärtigkeiten, die nur von wenig lichten Punkten unterbrochen wird.

Er stammte aus einem altadligen aber sehr zurückgekommenen Geschlechte von Kappel, und war der Sohn des Bürgermeisters Sebald Keppler zu Weil und der Katharine Guldenmann. Er war ein Siebenmonatskind, von schwächlichem Körper und von Jugend auf vielen Krankheiten

unterworfen. Ueberdies sah es zu Hause traurig aus. Der Vater war zurückgekommen, mufste Hab und Gut verkaufen und suchte sein Heil in Kriegsdiensten. Er ging nach Belgien, um unter Herzog Alba gegen die Holländer zu kämpfen, nahm die Mutter mit und liefs den kleinen **Keppler** bei den Grofseltern. Zwar kehrten die Eltern nach einigen Jahren zurück, aber neue Unglücksfälle und der Unfriede, der zwischen beiden ausbrach, veranlafsten den Vater abermals in die Fremde zu gehen, und diesmal um nicht wiederzukehren. Er starb im Feldzuge der Oesterreicher gegen die Türken.

Unter solchen Umständen mufste der erste Unterricht des jungen **Keppler** sehr dürftig sein, zumal die Mutter eine ganz ungebildete Frau war, die weder lesen noch schreiben konnte, und auch keinen lobenswerthen Charakter besafs. So genofs denn auch wirklich **Keppler** in der Jugend einen weniger als mittelmäfsigen Unterricht, der aufserdem noch häufig durch Feldgeschäfte unterbrochen wurde. Seines schwächlichen Körpers wegen bestimmte man ihn zum geistlichen Stande, und brachte ihn 1586 in die Klosterschule zu Maulbronn. Von da kam er 1589 in das theologische Stift zu Tübingen, wo er auf öffentliche Kosten unterrichtet wurde. Hier hatte er das Glück in **Michael Mästlin** einen Lehrer zu finden, der nicht nur das schlummernde Genie für Mathematik und Astronomie in ihm erweckte, sondern auch zeitlebens sein treuester Freund und Gönner blieb.

Durch **Mästlin's** Empfehlung bekam **Keppler** von den steiermärkischen Ständen einen Ruf als Professor der Mathematik und Moral nach Graz. Hier ging es ihm anfangs auch ganz wohl, er schrieb daselbst seinen *Prodromus dissertationum cosmographicarum continens mysterium cosmographicum, Tub. 1596*, die Schrift, welche ihn zuerst der gelehrten Welt als geistreichen Denker beurkundete, und ihn in Verbindung setzte sowohl mit **Tycho** als mit **Galilei**. Im J. 1597 verheirathete er sich auch daselbst mit einer jungen und vermögenden Wittwe, **Barbara Müller** von

Mühleck, allein dies häusliche Glück sollte nicht von langer Dauer sein.

Im J. 1598 trat nämlich der Erzherzog Ferdinand die Regierung der bis dahin vormundschaftlich verwalteten Steiermark an, und dieser von Jesuiten erzogene Fürst, der zu Loretto bei der heiligen Jungfrau geschworen hatte, den Protestantismus in seinem Lande mit der Wurzel auszureifsen, war nicht sobald daselbst angekommen, als er auch schon die grausamsten Verfolgungen über die Protestanten ergehen liefs. Auch **Keppler** bekam den Befehl bei Todesstrafe innerhalb 24 Stunden das Land zu verlassen, und er hielt es demgemäfs für gerathen nach der ungarischen Gränze zu flüchten. Zwar erhielt er bald hernach auf seine Vorstellungen Erlaubnifs zur Rückkehr in das Land, allein seine Lage war hier unter den stets fortgesetzten Verfolgungen der Protestanten und dem, wie es scheint, heimlich an ihn gestellten Ansinnen zum Katholicismus überzugehen so drückend, dafs er sich entschliefsen mufste, das Land für immer zu verlassen.

In dieser Bedrängnifs wandte er sich an **Tycho**, der ihn auch aufforderte, nach Prag zu kommen, um mit ihm gemeinsame Studien zu treiben. Das herrische Betragen von **Tycho** und die zerrütteten Finanzen des Kaisers machten ihm in der ersten Zeit auch den Aufenthalt in Prag eben nicht angenehm. Er wurde zwar durch **Tycho**'s Verwendung kaiserlicher Mathematikus dem Namen nach, war aber in Wahrheit nur Hülfsrechner von **Tycho** und zwar ohne Gehalt.

Glücklich für ihn starb aber **Tycho** schon am 24. Okt. (13 a. St.) 1601, und nun trat er als kaiserlicher Astronom in dessen Stelle. Allein auch in dieser Stellung hatte er mit beständigen Sorgen zu kämpfen. Bescheiden genug vom Kaiser Rudolph II. nur die Hälfte des von **Tycho** bezogenen Gehalts, statt 3000 nur 1500 Gulden zu fordern, hatte er dennoch den steten Kummer, dafs ihm diese mäfsige Summe nur theilweise und mit steten Unregelmäfsigkeiten ausgezahlt wurde, so dafs er oft in die bitterste Noth kam,

und seine Zuflucht dazu nehmen mufste Kalender mit Prognostika zu schreiben, wiewohl er die Astrologie gründlich verachtete.

Trotz dieser äufsern Noth war er unablässig thätig für seine Wissenschaft, sowohl in Betreff der Berechnung astronomischer Tafeln, als auch der Anstellung von Beobachtungen und der Beschäftigung mit theoretischen Forschungen. So beobachtete er im J. 1607 den grofsen Kometen, der eine etwa 75jährige Umlaufszeit hat und später 1682, 1758 und 1835 wahrgenommen worden ist. Er hat darüber 1608 eine eigene Schrift herausgegeben, die freilich vieles enthält, was man heut zu Tage nicht schreiben würde, so hielt er u. A. die Bahn für grade. Im Uebrigen hat **Keppler** einige seiner sogleich zu besprechenden Haupt-Entdeckungen während seines Aufenthalts in Prag gemacht.

Hinsichtlich der astronomischen Tafeln mufs ich bemerken, dafs der nächste Zweck seiner Anstellung der war, die damals allgemein gebräuchlichen und als fehlerhaft bezeichneten Tafeln des Prof. **Reinhold**, die *Tabulae prutenicae* (s. § 65), durch neue und richtigere zu ersetzen. Nach Rudolph II. Tod 1612 bestätigte ihn Kaiser Matthias in seiner Stellung als Hofastronom, und in dieser Eigenschaft begleitete er seinen neuen Herrn auf den Reichstag zu Regensburg 1613, um dort mit zur Regulirung des Kalenderwesens beizutragen. Die Protestanten hatten sich nämlich geweigert, den 1582 von Papst Gregor XIII. verbesserten Kalender anzunehmen, weil sie glaubten, dies brächte ihrer Religion Gefahr. **Keppler**, obwohl selbst Protestant, suchte ihnen diese Furcht zu benehmen, aber leider vergebens, und es blieb bei der heillosen Verwirrung.

Kaiser Matthias war übrigens nicht besser bei Kasse als sein Vorgänger Rudolph, und so liefs er sichs denn gern gefallen, dafs sein Hofastronom die von den österreichischen Ständen ihm angebotene Professur am Gymnasium zu Linz annahm. Hier in Linz lebte nun **Keppler** 13 Jahre, keineswegs sorgenfrei, wie einige spätere Schriftsteller angegeben haben, sondern mannichfaltig gedrückt

von häuslichem und Familien-Unglück, wozu u. A. ein Hexenprocefs gehört, der seiner Mutter gemacht war, und welcher ihn zwang nach Würtemberg zu gehen, um sie vor Gericht zu vertheidigen. Auch stete Sollicitationen um sein Gehalt als kaiserl. Hofastronom, welche Stelle er beibehalten hatte, spielten eben keine angenehme Beschäftigung in diesem Zeitraum.

Dennoch war sein Streben stets auf die Wissenschaft gerichtet. Er machte hier in Linz seine dritte grofse Entdeckung und vollendete endlich die astronomischen Tafeln, an denen er mit vielen Unterbrechungen fast ein Viertel-Jahrhundert gearbeitet hatte. Ferdinand II., der dem Kaiser Matthias 1619 auf dem Thron gefolgt war, schon als Herzog von Steiermark **Keppler**'s Landesherr, bewilligte die Druckkosten, d. h. er wies 6000 Gulden auf die Kassen der Reichsstädte Nürnberg, Ulm und Memmingen an. **Keppler** präsentirte in Person die kaiserliche Anweisung, erhielt aber von dem reichen Nürnberg nichts und von den beiden andern Städten nur einen Theil.

Keppler gab dennoch die Tafeln zu Ulm in Druck, und benutzte diese Gelegenheit, um mit seiner Familie aus Linz fortzuziehn, da er sich wegen der unter Ferdinand's Herrschaft täglich mehr überhand nehmenden Verfolgungen der Protestanten nicht mehr für sicher hielt in Oesterreich. Indefs schuldete ihm der Kaiser noch immer 12000 Gulden, und **Keppler** durch die Noth getrieben liefs nicht ab seine Forderung unausgesetzt geltend zu machen. Um den lästigen Gläubiger loszuwerden setzte der Kaiser **Keppler**'s Besoldung, sowie den Rückstand von 12000 Gulden, auf die Einkünfte des dem Wallenstein verliehenen Herzogthums Mecklenburg, und gab **Keppler** selbst in den Kauf mit obenein.

Wallenstein als ein Freund der Astronomie und noch mehr der Astrologie liefs sich dies gefallen, und berief **Keppler** zu sich nach Sagan in Schlesien, wo er damals residirte. Anfangs stellte sich das persönliche Verhältnifs zwischen beiden ganz günstig. Als indefs **Keppler** mit

seiner Forderung hervor trat, und auf Bewilligung derselben drang, hatte Wallenstein taube Ohren, und suchte ihn mit einer wenig einträglichen Professur in Rostock abzuspeisen. Das wollte sich nun **Keppler** nicht gefallen lassen, und er machte sich daher im J. 1630 auf den Weg nach Regensburg, um dort auf dem Reichstage seine gerechten Ansprüche geltend zu machen. Auf der Reise dahin überfiel den schwachen vielfach gekränkten Mann eine Krankheit, der er endlich am 15. Nov. (n. St.) 1630 zu Regensburg unterlag.

Auf dem St. Peter's Gottesacker vor einem Thor an der Aufsenseite der Festungswerke fand **Keppler** seine Ruhestätte, aber keine bleibendere und sanftere, als er im Leben gefunden hatte; denn schon zwei Jahre nachher, als Herzog Bernhard von Sachsen-Weimar mit den Schweden Regensburg erstürmte, wurde das Grab durch die gesprengten Wälle so verschüttet, dafs jede Spur von demselben verloren ging.

Erst die neuere Zeit erinnerte sich der Reliquien, die ein so unverdientes Schicksal gefunden hatten. **Carl v. Dalberg**, der gelehrte und humane Fürstprimas des Rheinbundes und zugleich Erzbischof von Regensburg, liefs **Keppler** im J. 1808 auf dem in anmuthige Gartenanlagen verwandelten Walle der Stadt ein schönes würdiges Denkmal setzen. — Schliefslich sei noch das Epigramm von **Kästner**, welches **Keppler's** Verdienst und Schicksal so treffend bezeichnete, auch an dieser Stelle in Erinnerung gebracht:

So hoch war noch kein Sterblicher gestiegen,
Als **Keppler** stieg — und starb den Hungertod!
Er wufste nur die Geister zu vergnügen,
Drum liefsen ihn die Körper ohne Brod!

69. Keppler's Leistungen in der Wissenschaft sind nicht nur grofs, sondern auch vielseitig; sie haben zwar alle eine mathematische Richtung, sind aber doch ihrem Inhalte nach wesentlich verschieden, und man kann sie füglich in die astronomischen und optischen theilen. Es

sei hier zuerst die Rede von seinen astronomischen Verdiensten.

Keppler ward, wie überhaupt für die Astronomie, so speciell für die kopernikanische Lehre durch seinen Lehrer **Mästlin** gewonnen, der, wiewohl in seiner *Epitome astronomiae, Tub. 1582* noch ein Anhänger des ptolemaeischen Systems, doch in seiner *Observatio et demonstratio cometae aetherei, Tubing. 1578* auch die kopernikanische Weltordnung lehrt (§ 65), und wie schon erwähnt durch eine in Italien gehaltene Rede den grofsen **Galilei** zum Anhänger dieser Lehre gemacht haben soll.

Den ersten öffentlichen Beweis, dafs er ein Kopernikaner sei, legte **Keppler** in seiner Schrift ab: *Prodromus dissertationum cosmographicarum continens mysterium cosmographicum, Tubing. 1596,* aufser einem Kalender 1594 seine erste Schrift. Dieselbe liefert ein Zeugnifs von seiner Neigung gleich den Pythagoräern zwischen den Erscheinungen der Körperwelt und den numerischen oder geometrischen Verhältnissen gewisse geheimnifsvolle Beziehungen zu suchen. Um nämlich die Abstände zwischen den damals bekannten Planeten

Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn

zu erklären, denkt er sich sechs Kugeln, deren Durchmesser respektive die Abstände dieser Planeten von der Sonne vorstellen, in einander eingeschlossen und zwar von solcher Gröfse, dafs in die fünf Zwischenräume die fünf regulären Körper

Oktaëder, Ikosaëder, Dodekaëder, Tetraëder, Kubus

beschrieben werden können, und diese bezüglich mit ihren Ecken und Flächen je zwei benachbarte Kugelflächen aufsen und innen berühren. Die Durchmesser, die dann die Kugeln erhalten, sollen die relativen Abstände der Planeten von der Sonne vorstellen.

Die Hypothese, offenbar durch die Zahl der damals bekannten Planeten hervorgerufen, trifft übrigens nur beiläufig beim Jupiter und Saturn ein, und bedarf wohl keiner ausführlichen Widerlegung, indefs verdient sie doch als

erster Versuch zur Lösung eines Problems, das selbst bis jetzt noch nicht erledigt ist, Anerkennung, und jedenfalls spricht sich in ihr schon die Richtung aus, die **Keppler** späterhin zu so grofsen Entdeckungen führte.

In neuerer Zeit sind mehrfache Versuche gemacht worden, in den Abständen der Planeten von der Sonne ein Gesetz zu entdecken; am bekanntesten darunter ist das, welches **Titius** (Tietz), ehemals Prof. der Physik zu Wittenberg, aufstellte, nämlich:

Merkur	4	= 4	Jupiter	4 + 16 . 3	= 52
Venus	4 + 1 . 3	= 7	Saturn	4 + 32 . 3	= 100
Erde	4 + 2 . 3	= 10	dazu		
Mars	4 + 4 . 3	= 16	Uranus	4 + 64 . 3	= 196.

Titius veröffentlichte dies Gesetz 1766 in einer Uebersetzung von **Bonnet**'s Betrachtungen der Natur, und zwar anonym eingeschoben in den Text, dessen Original nichts davon enthält; erst in späteren Ausgaben steht es als Note bezeichnet mit T. Er machte dabei auf die Lücke zwischen Mars und Jupiter aufmerksam, glaubte aber, sie sei durch noch unentdeckte Monde von beiden Planeten ausgefüllt.

Schon früher gab der zu seiner Zeit berühmte Philosoph und Mathematiker **Christian** Freiherr v. **Wolf** (geb. 1679 zu Breslau, gest. 1754 zu Halle) in seinen *Vernünftige Gedanken von den Absichten der natürlichen Dinge, Halle 1724* folgende Reihe:

Merkur 4, Venus 7, Erde 10, Mars 15, Jupiter 52, Saturn 95,

doch ohne von der Lücke zwischen Mars und Jupiter zu reden, die indefs vor **Titius** schon **Lambert** in seinen kosmolog. Briefen, Augsburg 1761 bemerkt, und der Hinwegführung eines Planeten zugeschrieben hatte. Von der Titius'schen Progression haben beide nichts, obwohl vermuthlich **Wolf** sie veranlafst hat. **Bode** machte 1772 in der *Anleitung zur Kenntnifs des gestirnten Himmels,* 2. Aufl., zuerst auf sie aufmerksam, und durch ihn wurde sie eigentlich allgemein bekannt.

Späterhin 1790 stellte Prof. **Wurm** eine verbesserte Progression auf:

				Abweichung.
Merkur	387	=	387	
Venus	387 + 1 . 293	=	680	$- \frac{1}{18}$
Erde	387 + 2 . 293	=	973	$- \frac{10}{83}$
Mars	- + 4 . -	=	1559	$+ \frac{1}{40}$
Planet x	- + 8 . -	=	2731	$- \frac{1}{96}$
Jupiter	- + 16 . -	=	5075	$- \frac{1}{43}$
Saturn	- + 32 . -	=	9763	$+ \frac{1}{40}$
Uranus	- + 64 . -	=	19139	$+ \frac{1}{499}$.

Da hierin zwischen Mars und Jupiter nicht nur ein noch unbekannter Planet angenommen ward, wie schon 1785 **Zach** gethan, sondern auch der für ihn berechnete Abstand ziemlich mit dem der 1801 von **Piazzi** entdeckten Ceres übereinstimmte, so gelangte diese Progression zu bedeutendem Ansehen. Allein dies wurde 1802 von **Gaufs** sehr untergraben durch die Bemerkung, dafs nach jener Progression zwischen Venus und Merkur unzählig viele Planeten liegen müfsten entsprechend den Gliedern

$$4 + \tfrac{1}{2} . 3,\ 4 + \tfrac{1}{4} . 3,\ 4 + \tfrac{1}{8} . 3 \ldots$$

Späterhin hat **Benzenberg** noch ein anderes Gesetz aufzustellen gesucht, aber im Ganzen hat man dieses Problem fallen lassen, und einige Astronomen betrachten es als ein gar nicht zu ihrer Wissenschaft gehöriges. [1])

70. Der erwähnte Prodromus war der Vorläufer jener grofsen Entdeckungen, welche **Keppler's** Namen unsterblich gemacht haben, und welche noch heute fundamental für die Bewegungen der Planeten genannt werden müssen. Es sind die Entdeckungen folgender drei Gesetze:

1) Alle Planeten bewegen sich in Ellipsen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.

2) Die Zeiten, welche ein Planet gebraucht einzelne Bogen seiner Bahn zu durchlaufen, verhalten sich wie die zu dem Bogen gehörigen elliptischen Sektoren.

---

[1]) Gilb. Ann. XI, 482; XV, 169.

In gleichen Zeiten beschreibt also der von der Sonne nach dem Planeten gezogene Radius, der Radius vector, gleiche Flächenräume. Die Excentricität der Bahn bestimmte **Keppler** aus dem Verhältnifs der gröfsten und kleinsten Bewegung, und die entsprechenden Abstände verhalten sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln dieser Bewegungen. Sind α und β die vom Planeten beschriebenen Winkel, a und b die zugehörigen Abstände, so sind die Flächenräume $\frac{1}{2} a^2 \alpha$ und $\frac{1}{2} b^2 \beta$, und da diese in gleichen Zeiten einander gleich sind, so folgt $a : b = \sqrt{\beta} : \sqrt{\alpha}$.

3) Die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Kuben der grofsen Axen ihrer Bahnen.

Man hat also, wenn t und $t_{\prime}$ die Umlaufszeiten, a und $a_{\prime}$ die grofsen Axen bezeichnen, $t^2 : t_{\prime}^2 = a^3 : a_{\prime}^3$.

Die Entdeckung dieser wichtigen Gesetze war nicht das Werk einer glücklichen Stunde, sondern die Frucht jahrelangen Nachdenkens und höchst mühsamer Berechnung der Beobachtungen, welche **Tycho** am Mars angestellt hatte, an demselben Planeten, der wegen der grofsen Veränderlichkeit seines Abstandes von der Erde bei seinem Umlauf um die Sonne, schon von **Kopernikus** und von **Tycho** als Beweis der Richtigkeit ihrer Systeme gebraucht worden war.

Keppler würde seine Entdeckungen, wenigstens die erste, welche die anderen nach sich zog, vielleicht nicht gemacht haben, wenn er nicht zufällig an die Beschäftigung mit dem Planeten Mars gerathen wäre, denn unter allen Planeten, den damals noch sehr unvollkommen beobachteten Merkur abgerechnet, hat Mars die gröfseste Excentricität, und daher war es am leichtesten die elliptische Bewegung bei ihm aufzufinden.

Das erste und zweite Gesetz machte **Keppler** bekannt in seiner *Astronomia nova αἰτιολογητος s. physica coelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis, Pragae 1609.* Auf das zweite Gesetz kam er wohl dadurch, dafs man

im alten Systeme, wo man die Planeten in excentrischen Kreisen laufen liefs, die Bewegung derselben gleichförmig, also die Kreissektoren den Zeiten proportional annahm. Das dritte Gesetz divinirte er bereits am 8. März 1618, allein ein Rechnungsfehler machte, dafs er seine Gedanken nicht bestätigt finden konnte. Doch schon am 15. Mai desselben Jahres hatte er bei einer Revision der Rechnung die Freude, das vermuthete Gesetz wirklich nachzuweisen; er machte es bekannt in der Schrift *Harmonices mundi libri V, Lincii 1619.*

Diese drei Gesetze, welche man seitdem mit Recht die Keppler'schen Gesetze nennt, machen noch heut die Basis der Theorie von der Planetenbewegung aus. **Keppler** fand sie auf, ehe die wichtigen Entdeckungen seines grofsen Zeitgenossen **Galilei** in Deutschland bekannt waren. Hätte er sie gekannt, so würde sein Genius ihn vielleicht noch einen Schritt weiter geführt haben zu dem höheren Gesetz, von welchem jene drei Gesetze nur Folgen sind, zu dem Gravitationsgesetz. Allein dies ward ihm nicht vergönnt, dies blieb **Newton** vorbehalten.

71. **Keppler** fühlte indefs sehr wohl, dafs die drei von ihm entdeckten Gesetze noch etwas unbefriedigendes haben, dafs sie die Frage unbeantwortet lassen, weshalb denn die Planeten sich nach diesen Gesetzen bewegen. Er bemühte sich vielfach darüber Aufschlufs zu erlangen, und kam dabei in der That der Sache so nahe, dafs man sich einigermafsen wundern kann, wie er auf halbem Wege stehen blieb. In seinem Werk über die Bewegungen des Planeten Mars 1609 äufserte er so richtige Ansichten über die Schwere, wie keiner seiner Vorgänger. Er definirt nicht nur, wie **Kopernikus** gethan, die Schwere als das Bestreben der Körper sich zu vereinigen, sondern erklärt auch die Ebbe und Fluth ganz richtig durch eine Anziehung des Mondes zum Wasser der Erde.

Unter Anderem sagt er, dafs wenn zwei Steine aufserhalb der Wirkung irgend eines Weltkörpers im Himmelsraum befindlich wären, sie sich gegeneinander bewegen

und an einem mittleren Ort zusammen treffen würden, an einem Ort, dessen Abstand von den ursprünglichen Orten der beiden Steine sich verhalten würde wie die Massen dieser Steine.

An einer anderen Stelle sagt er auch, daſs die Anziehung der Weltkörper wie das Licht mit der Entfernung abnehme. Daſs also die Weltkörper mit einer Gravitationskraft versehen seien, und aus dieser Gravitation eine geradlinige Bewegung derselben erfolgen könne und müsse, war **Keppler** einleuchtend, aber daſs auch die Rotation der Planeten um die Sonne eine Wirkung der Schwere sei, diese groſse Wahrheit sah er noch nicht ein!

Es kann dies auch nicht wunderbar erscheinen, wenn man erwägt, daſs zur Zeit als **Keppler** sich mit den Bewegungen der Planeten beschäftigte, noch nicht die allerersten Grundsätze der Mechanik aufgefunden waren. Unvermögend den Lauf der Planeten um die Sonne durch Wirkung einer Anziehungskraft zu erklären, glaubte daher **Keppler**, dieser Umlauf werde durch eine magnetische Kraft der Sonne bedingt, und zwar zunächst durch die Axendrehung der Sonne. Es ist ein merkwürdiger Zug seines Genies, daſs er diese Axendrehung eher supponirte, als sie durch die Entdeckung der Sonnenflecke wirklich nachgewiesen war. Ja, was noch sonderbarer ist, er selbst, der die Sonnenrotation bloſs supponirte, beobachtete dieselbe ohne es zu wissen. Er entdeckte nämlich vor der Erfindung der Fernröhre am 28. Mai 1607 (n. St.) einen Sonnenfleck und auch die Bewegung desselben, aber er hielt ihn für den Planeten Merkur.

Dennoch liegt in seiner Hypothese etwas Wahres. Die gleiche Richtung der Umlaufsbewegung und der Rotationsbewegung der Erde mit der Axendrehung der Sonne hat selbst **Laplace** veranlaſst zuzugeben, daſs jene Bewegungen einst von dieser Drehung veranlaſst wurden. Nur zur Unterhaltung jener Bewegungen ist diese nicht erforderlich.

Die Idee von der Axendrehung der Sonne als Ursache des Umlaufs der Planeten behielt **Keppler** auch später bei,

und veranlaſste ihn zu dem in theoretischer Hinsicht ganz richtigen Vorschlag, den später **Cassini** wiederholte, die Aequatorebene der Sonne als feste Ebene zu betrachten, und auf sie die Ebenen aller übrigen Planetenbahnen zu beziehen. Der Vorschlag ist indeſs nicht praktisch, da sich die Aequatorebene der Sonne nicht so genau bestimmen läſst, wie die Ebene der Erdbahn. **Keppler** glaubte übrigens die Rotationsaxe der Sonne stehe senkrecht auf der Ekliptik, so daſs nach ihm also die Aequatorebene der Sonne, *Ecliptica regia* von ihm genannt, mit der Erdbahn oder Ekliptik zusammen falle. Dies ist aber nicht der Fall, denn der Sonnenäquator neigt 7° 30′ gegen die Ekliptik.

Die Schwierigkeit, den Umlauf der Planeten um die Sonne durch Wirkung der Schwerkraft, oder eigentlich mit Hülfe derselben zu erklären, denn man braucht immer noch eine Tangentialkraft, veranlaſste **Keppler** in seinen späteren Schriften *Epitome astronomiae copernicanae, Lincii 1618* und *Harmonices mundi libri V, ib. 1619,* seine früheren Ideen mehr in den Hintergrund zu stellen, und nur von der magnetischen Kraft der Sonne zu reden. Neuere Schriftsteller haben **Keppler** dieses Rückschrittes wegen getadelt, aber diese haben sich wohl nicht recht klar gemacht, wie schwer die Lösung des Problems der Planetenbewegung ist, wenn dazu erst die ganze Mechanik erschaffen werden muſs.

So unrichtig wir **Keppler's** Ansichten jetzt auch halten müssen, so ist doch bemerkenswerth, daſs sich darin der erste Keim eines Fundamentalsatzes der Mechanik vorfindet, nämlich des Satzes von der Trägheit der Materie, aber freilich nur zur Hälfte. Er stellte es nämlich als Princip hin, *daſs ein ruhender Körper nicht von selbst in Bewegung gerathen könne;* die andere wichtigere Hälfte, *daſs ein sich bewegender Körper auch nicht von selbst zur Ruhe gelangen oder die Richtung seiner Bewegung ändern könne,* diese kannte er noch nicht.

Durch die drei groſsen Gesetze, welche **Keppler** in der Bewegung der Planeten entdeckte, hat derselbe nicht

nur seinem eigenen Ruhm das unvergänglichste Denkmal gesetzt, sondern auch die schlagendsten Gründe für die Richtigkeit des kopernikanischen Systems beigebracht. Es ist indeſs ein merkwürdiger Zug in der Geschichte dieses Theils der Physik, daſs grade zu der Zeit, da das kopernikanische System durch **Keppler** sein wahres Fundament erhielt und von den Irrthümern befreit ward, mit denen es selbst sein Urheber noch hatte behaften lassen, daſs grade zu dieser Zeit, ums J. 1613, der Streit über die Richtigkeit dieses Systems in Italien entbrannte, ein Streit, der ebenso merkwürdig ist durch seine lange Dauer und die Personen, die darin verwickelt wurden, als durch die unwürdige Einmischung der Kirche. Doch davon mehr in der Folge!

Zu den ferneren Verdiensten **Keppler's** um die Astronomie gehört die Berechnung jener Tafeln, welche zu Ehren ihres Beförderers, des Kaisers **Rudolph II.**, die rudolphinischen genannt wurden. Sie erschienen 1627 und machen Epoche in der Astronomie, da sie die ersten nach dem kopernikanischen System berechneten waren. **Keppler** arbeitete über ein Viertel-Jahrhundert an ihnen, und bezog sein Gehalt, oder vielmehr die Anweisung auf dasselbe, hauptsächlich zum Behufe der Berechnung dieser Tafeln.

Ueberhaupt enthalten die Werke **Keppler's**, von denen die gedruckten sich bis auf 30 belaufen, einen groſsen Reichthum von Betrachtungen und Bemerkungen über das Weltgebäude, die selbst da, wo sie irrthümlich sind, das Tiefe und Originelle ihres Urhebers nicht verläugnen. Es würde indeſs zu weit führen, die Einzelheiten derselben speciell auseinander zu legen.

72. Wenn **Keppler's** Name genannt wird, so denkt man dabei in der Regel nur an die glänzenden Entdeckungen, durch welche derselbe am Himmel verewigt worden ist, viel weniger ist hingegen bekannt, daſs er sich auch hienieden ein Denkmal errichtet hat, um welches ihn mancher beneiden könnte. **Keppler** ist nämlich nicht bloſs der Urheber jener seinen Namen führenden Gesetze, sondern

auch **Begründer der Dioptrik**, eines Zweiges der Physik, der, wenn er auch keinen Antheil an der Erfindung der Fernröhre gehabt hat, doch zur Verbesserung dieser Instrumente wesentlich beigetragen, ja ihre heutige Vollkommenheit allein möglich gemacht hat. Die Verdienste, welche sich **Keppler** in dieser Beziehung erworben, sind um so mehr hervorzuheben, als sie weder von der Mitnoch Nachwelt immer gehörig gewürdigt worden sind, namentlich in Vergleich zu den verwandten Leistungen seines grofsen Zeitgenossen **Galilei**.

Galilei wurde durch seine Beschäftigung mit der Optik allerdings zu wichtigen und glänzenden Entdeckungen geführt, aber er hatte sie ziemlich wohlfeilen Kaufs, und die Optik selbst ging leer dabei aus; **Keppler**'s Arbeiten dagegen waren die Frucht eines mühsamen Studiums. Sie führten freilich nicht zu schimmernden Resultaten, aber sie erweiterten und berichtigten wesentlich die damaligen Kenntnisse vom Licht, gaben den ersten Impuls zum Fortschreiten einer Wissenschaft, deren theoretischer Theil seit Jahrhunderten stagnirt hatte. Jene brachten ihrem Urheber Ruhm und reichen Gewinn, diese dagegen trugen nichts dazu bei das Loos eines Mannes zu erleichtern, den selbst die gröfsten Eroberungen am Himmel vor Mangel auf Erden nicht schützen konnten.

Schon seit 1602 beschäftigte sich **Keppler** mit der Optik, und zwei Jahre darauf 1604 gab er sein erstes Werk über diesen Gegenstand heraus. Es führt den Titel *Ad Vitellonem paralipomena, quibus astronomiae pars optica traditur, Francofurti 1604.* Die Fernröhre waren damals noch nicht erfunden, auch hatte **Keppler** nur einen annähernd richtigen Begriff vom Brechungsgesetz oder von dem Gesetz, nach welchem Lichtstrahlen aus ihrer Richtung abgelenkt werden, wenn sie aus einem Mittel in ein anderes übergehen, und dabei unter schiefem Winkel auf die Trennungsfläche beider stofsen. Er glaubte nämlich es sei

$$i = ni_{,} + m \sec i_{,},$$

worin i den Einfallswinkel, $i_{,}$ den Brechungswinkel be-

zeichnet. Die seit **Ptolemaeus** Zeit herrschende Meinung, dafs das Verhältnifs zwischen Einfalls- und Brechungswinkel konstant sei, erkannte er als unrichtig, und nur bei kleineren Einfallswinkeln einigermafsen zutreffend. Es schien ihm am zweckmäfsigsten den gebrochenen Winkel aus zwei Theilen bestehend anzunehmen, von denen der eine, nämlich ni, proportional dem Einfallswinkel, der andere von der Sekante des Brechungswinkels abhängig sei, die ihm am passendsten den Gang der Erscheinungen ausdrückte.

73. Obwohl er selbst in dieser Formel noch nicht das wahre Brechungsgesetz ausgesprochen fand, sondern nur eine Annäherung an dasselbe darin sah, so stellte er trotzdem die Grundzüge einer richtigen Theorie des Sehens auf. Er zeigte nämlich:

dafs von jedem leuchtenden oder erleuchteten Körper, wenn er nur nicht das Licht regelmäfsig reflektirt, nach allen Richtungen Lichtstrahlen aussendet, dafs demnach von jedem Punkt eines gesehenen Körpers nicht blofs ein einzelner Strahl ins Auge gelange, wie **Maurolykus** und **Porta** glaubten, sondern ein ganzer Strahlenkegel, dessen Basis die Pupille sei;

dafs dieser Strahlenkegel durch die Brechung in der Krystalllinse des Auges in einem Punkt vereinigt werde, und zwar in einem Punkt auf der Netzhaut;

dafs dies von dem Strahlenkegel eines jeden Punktes gelte, und dafs sonach auf der Netzhaut ein förmliches Bild von dem gesehenen Gegenstand zu Stande komme, und dies ein umgekehrtes sei. Als Grund, weshalb wir trotz dieses umgekehrten Bildes die Gegenstände aufrecht sehen, dachte er sich den Eindruck des Lichts als einen Stofs auf die Netzhaut und nahm an, die Seele versetze die Ursache des Stofses in die Richtung, aus welcher derselbe kommt. Indem er also die Netzhaut zum Sitz des Sehens machte, und nicht die Krystalllinse wie **Porta**, vervollkommnete er den Beweis von der Aehnlichkeit des Auges mit der Camera obscura, einen Beweis, den **Porta** angefangen aber fehler-

haft durchgeführt, und nicht vollendet hatte. **Porta** hielt die Pupille für das Loch der Camera obsc. und die Krystalllinse für die Tafel, mit welcher das Bild aufgefangen wird, er scheint also nichts von **Maurolykus** gewufst zu haben, der die Empfindung des Sehens wenigstens hinter die Linse verlegte.

Keppler erklärte auch die Kurzsichtigkeit und Fernsichtigkeit der Augen und die Art, wie konkave Gläser die erstere, und konvexe die letztere verbessern, indem er zeigte, dafs bei den Fernsichtigen die Bilder hinter der Netzhaut, bei Kurzsichtigen vor derselben zu Stande kommen, durch die betreffenden Linsen aber auf die Netzhaut gebracht werden. Die Lösung dieser Aufgabe kostete ihm seiner eigenen Angabe nach drei Jahre Zeit, ein Beweis, wie schwierig die Auffindung von Dingen ist, deren Erlernung keine sonderliche Mühe macht.

Darauf gründete er eine Erklärung der Fähigkeit des Auges innerhalb gewisser Gränzen in mehr als einer Entfernung deutlich zu sehen, oder der Fähigkeit desselben sich nach der Entfernung zu ajustiren. Er glaubte, dafs das Auge durch den processus ciliaris für zu nahe Gegenstände verlängert werde und umgekehrt.

Ferner ist in diesem Werke zuerst ein Hauptsatz der Photometrie ausgesprochen, nämlich dafs das Licht abnehme, wie er sich ausdrückt, im umgekehrten Verhältnifs der auffangenden Flächen.

Neben so vielem Trefflichen wird man es gern übersehen, dafs das Werk auch manche Schwächen und Irrthümer enthält. Dahin gehört die Ansicht, dafs die Farben aus den verschiedenen Graden der Durchsichtigkeit und Dichte der Medien entstehen, und dafs die Brechung ihre Ursache in dem Widerstand der dichteren Mittel habe, was schon von **Harriot**[1]) widerlegt wurde, welcher fand, dafs Oliven-, Terpentin- und Steinöl das Licht stärker

---

[1]) Epist. ad Keplerum scriptae, ed. Hanschii, 233; 1606. — Wilde, Gesch. d. Optik I, 190.

brechen als Essig, Wein, Weingeist und Salzwasser, obwohl diese eine gröfsere Dichtigkeit haben als jene.

Ebenso unbefriedigend ist die Erklärung **Keppler**'s über die Irradiation. **Tycho** hatte bemerkt, dafs die schwarze Scheibe, welche der Mond bei Sonnenfinsternissen vor der Sonne bildet, merklich kleiner ist als der Vollmond. Auch hatte **Keppler** 1603 bei einer Mondfinsternifs beobachtet, dafs die erleuchtete Sichel scheinbar einem gröfseren äufseren Durchmesser angehöre als die dunkle Scheibe. Dies gab **Keppler** Veranlassung über die Sache nachzudenken. Seiner Meinung nach rührt die Irradiation davon her, dafs von so entfernten Gegenständen die Strahlen eines Punktes sich nicht wieder auf der Netzhaut vereinigen können, sondern kleine Scheiben bilden, daher sei die Irradiation auch verschieden nach den Augen.

Richtiger, wenigstens bis zu einem gewissen Grade und jedenfalls richtiger als **Tycho**, urtheilte **Keppler** über die astronomische Strahlenbrechung. **Tycho** glaubte, sie sei verschieden nach der Entfernung der Himmelskörper, höre z. B. auf für Sterne in 20° Höhe, für den Mond in 43°, für die Sonne in 45°. **Keppler** zeigte jedoch, dafs die Verschiedenheit der Entfernungen nichts mit der astronomischen Strahlenbrechung zu thun habe, dafs sie für alle gleich sei, und für alle gleichmäfsig mit der Höhe abnehme. Er setzte den Grund derselben in die Brechung des Lichts in der dichteren Atmosphäre, irrte indefs darin, dafs er diese Dichtigkeit in allen Höhen gleich stark annahm.

74. Die Erfindung der Fernröhre gab **Keppler** Veranlassung seine zeitweilig unterbrochenen Arbeiten im Gebiet der Optik wieder aufzunehmen, und sie in seiner *Dioptrice*, *August. Vind. 1611* bekannt zu machen, einem Werke von nur wenigen Bogen, 79 Quartseiten, das aber dennoch bis **Newton** eins der wichtigsten ist. **Keppler** bemüht sich darin eine Theorie der Fernröhre zu geben, woran bis dahin noch Niemand gedacht hatte, selbst **Galilei** nicht. Zu dem Ende suchte er zunächst das Brechungsgesetz für den Uebergang des Lichts aus Luft in Glas zu ermitteln.

Er bediente sich dazu eines Werkzeugs von seiner Erfindung, welches er anaklastisches Instrument nannte. Dasselbe besteht aus zwei rechtwinklig mit einander verbundenen Brettchen, von denen das eine länger ist als das andere, und wagerecht hingelegt wird. In den Winkel beider schiebt man einen Glaswürfel, welcher mit dem senkrechten kürzeren Brettchen gleiche Höhe hat, aber nicht so breit ist wie dieses. Stellt man diese Vorrichtung nun so gegen die Sonne, daſs das senkrechte Brettchen von ihr beschienen wird, und der Schatten vollständig auf das wagerechte fällt, so werden die den oberen Rand treffenden Strahlen theils durch die Luft theils durch das Glas nach dem unteren Brett gehen. Die ersten setzen ihren Weg einfach fort, die andern werden in dem Glaswürfel gebrochen; die Schattengränzen in Luft und Glas fallen nicht zusammen, trennen sich vielmehr oft bedeutend, und gestatten leicht Einfalls- und Brechungswinkel miteinander zu vergleichen.

Es glückte indeſs **Keppler** nicht das wichtige Gesetz aufzufinden, was bei einem Manne von seinem Scharfsinn wirklich auffallend ist, zumal bei dem Gebrauch eines Apparats, wo man glauben sollte, es hätte sich von selbst darbieten müssen. Er kam nur zu dem Resultat, daſs wenn der Einfallswinkel nicht gröſser ist als 30° (vergl. § 72) $i = ni_{,}$ und für den Uebergang des Lichts aus Luft in Glas $n = \frac{3}{2}$ sei.

Dies ist nun zwar nicht das richtige Gesetz, aber es reicht für die ersten Umrisse einer Theorie der Fernröhre vollkommen aus, da in keinem Fernrohr der Einfallswinkel $i = 30^{\circ}$ wird. Da nun auch der Werth von n ziemlich richtig ist, so konnte es geschehen, daſs **Keppler** mit dem mangelhaften Gesetz dennoch die Grundzüge dieser Theorie richtig aufstellte.

Mit dem von ihm gefundenen Gesetz $i = ni_{,}$ machte er nun den ersten Versuch den Brennpunkt von Glaslinsen zu bestimmen, d. h. den Punkt, in welchem alle parallel mit der Axe der Linse auffallenden Strahlen nach ihrem Durchgang durch die Linse sich vereinigen. **Kepp-**

ler ging dabei ganz systematisch und streng zu Werke, indem er die Brechung des Lichts an jeder Fläche der Linse einzeln untersuchte, und zwar nicht wie seine Vorgänger in der unrichtigen Voraussetzung, daſs bloſs ein Strahl von jedem Punkt des Gegenstandes ausgeht, sondern in der richtigen, daſs jeder Punkt einen ganzen Kegel aussendet.

Es gelang indeſs **Keppler** nicht die Aufgabe in ihrer ganzen Allgemeinheit zu lösen, er bestimmte den Brennpunkt nur für zwei Linsen, für die plankonvexe und für die gleichseitig bikonvexe. Bezeichnet r den Halbmesser der Linsenoberfläche und f die Brennweite, so fand er für die plankonvexe Linse $f = 2r$, und für die gleichseitig bikonvexe $f = r$, auch entdeckte er die Eigenschaft der letzteren, daſs wenn ein Gegenstand sich in der Entfernung $2r$ vor der Linse befindet, das Bild desselben in der gleichen Entfernung auf der anderen Seite entsteht.

Eine vollständige Lösung des Problems der Brennweiten, d. h. der Vereinigungspunkte parallel auffallender Strahlen für alle Linsen gab später **Cavalieri**. **Isaac Barrow** fand dann die Vereinigungspunkte auch für nicht parallele Strahlen, und **Halley** stellte endlich eine bequeme Formel für die Vereinigungsweiten bei allen sphärischen Linsen und Spiegeln auf. Gegenwärtig beantwortet man alle Fragen über die Erscheinungen bei Linsen sehr leicht mit Hülfe der einen Formel

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha} = (n - 1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'}\right),$$

worin a die Objektweite, α die Bildweite, n den Brechungsexponenten und r, r' die Halbmesser der Linsenflächen bedeuten.

Uebrigens darf nicht unerwähnt bleiben, daſs **Keppler** schon in seinen *Paralip.* die Abweichung wegen der Kugelgestalt bei Linsen bemerkte, was bei der Kugel bereits von **Maurolykus** geschehen war. Die Abweichung besteht bekanntlich darin, daſs die durch den Rand der Linse gegangenen Strahlen nicht genau mit den aus der Mitte

kommenden zusammen treffen, wodurch das Bild an Schärfe verliert. **Keppler** schlug daher Linsen von hyperbolischer Gestalt vor, welche diesen Fehler verhüten; der Gedanke ist also nicht von **Descartes** zuerst ausgesprochen.

Bis zu **Keppler's** Dioptrik 1611 kannte man kein anderes Fernrohr als das holländische oder galileische, bestehend aus einem konvexen Objektiv und einem konkaven Okular. Mit einem solchen Fernrohr wurden in den ersten Jahren alle Entdeckungen am Himmel gemacht. **Keppler** brach auch hier die Bahn, indem er zeigte, daſs sich auch durch Verbindung zweier konvexen Gläser, nämlich eines konvexen Objektivs und eines ebensolchen Okulars, ein brauchbares Fernrohr darstellen lasse, das sogar wesentliche Vorzüge vor dem holländischen besitzt, wie dies weiterhin in der Geschichte der Fernröhre erörtert ist. Es stellt zwar die Bilder umgekehrt dar; das ist aber für Gegenstände am Himmel kein sonderlicher Nachtheil, und da es sich zu deren Beobachtung ganz besonders eignet, so wird es auch astronomisches Fernrohr genannt. Noch verdient bemerkt zu werden, daſs **Keppler** bereits 1810 die Nothwendigkeit erkannte, die Röhren nach den Augen verschiebbar zu machen (§ 84).

Keppler gab auſserdem noch drei Fernröhre an, die zwar von minderer Bedeutung sind, aber doch zeigen, wie viel er über die Kombination der Linsen nachdachte. Es waren dies ein Fernrohr 1) mit einem konvexen Objektiv und zwei konkaven Okularen; 2) mit einem konvexen Objektiv und zwei konvexen Okularen; 3) mit zwei konvexen Objektiven und einem konvexen Okular.

Von No. 1 zeigte er, daſs es zwar etwas länger sei als das holländische, dafür aber den Vortheil darbiete, daſs es die Gegenstände fast in doppelter Gröſse darstelle als jenes. — No. 2 erdachte er, um die Umkehrung der Bilder bei dem astronomischen Fernrohr wieder aufzuheben, was indeſs kein erheblicher Vorzug ist. — No. 3 schlug er vor, weil dadurch das Rohr nahe um die Hälfte kürzer werde.

Dies sind aufser einigen Arbeiten über die astronomische Strahlenbrechung die hauptsächlichsten Leistungen **Keppler's** in der Optik. Wenn man sie vergleicht mit dem, was seine Vorgänger ihm überlieferten, so mufs man gestehen, dafs sie wesentlich dazu beigetragen haben, die Kenntnisse vom Sehen, der Wirkung der Linsen und Fernröhre zu berichtigen und zu erweitern, und dafs sie ihrem Urheber das vollste Anrecht auf den Namen des Begründers der Dioptrik verleihen.

Geschichte der Fernröhre.

75. Bevor wir zu der weiteren Entwicklung der Optik übergehen, haben wir noch die Geschichte einer Erfindung zu betrachten, die nicht nur auf die Leistungen **Keppler's** von bedeutendem Einflufs war, sondern auch überhaupt wegen der grofsen Dienste, welche sie theils den Wissenschaften, theils dem Leben geleistet hat und noch fortdauernd leistet, unstreitig als eine der wichtigsten im ganzen Bereich der Optik angesehen werden mufs, die Geschichte der Erfindung der Fernröhre und Mikroskope.

Indem ich hier die Wichtigkeit dieser Erfindung hervorhebe, mufs ich jedoch sogleich einer möglichen Mifsdeutung vorbeugen. Den aufserordentlichen Nutzen der Fernröhre und Mikroskope heutigen Tages noch besonders auseinander setzen zu wollen, würde wohl ein ziemlich überflüssiges Unternehmen sein. Ohne Fernröhre wäre ja die Astronomie in der Kindheit geblieben, und ebenso würde die Physik viel weniger auf den Namen einer exakten Wissenschaft Anspruch machen können, wenn ihr die feinen Mefswerkzeuge abgingen, welche ohne Hülfe der Fernröhre und Mikroskope nicht darstellbar sind.

Aus diesem Gesichtspunkt betrachtet kann man die Erfindung der beiden genannten Instrumente nicht hoch genug anschlagen; allein wenn man abwägt, in wie fern diese Erfindung unsere Einsicht in die Natur des Lichts gefördert habe, so mufs man bekennen, dafs sie überschätzt worden ist. Nur mittelbar hat sie die Optik erweitert, nur

durch den Gebrauch, den man von Fernröhren und Mikroskopen gemacht hat; aus diesen Instrumenten selbst hat die Optik nichts eigentlich Neues gelernt, wenigstens keine neue Eigenschaft des Lichts, welche nicht ohne sie aufgefunden ist, oder aufzufinden gewesen wäre.

Die Wirkungen der Fernröhre sind einfache Korollare aus dem Gesetz der Brechung des Lichts, und wiewohl sie dazu anregten, die speciellen Folgerungen aus diesem Gesetz näher zu entwickeln, so hat man dabei doch über die Lichtbrechung nichts gelernt, was man nicht schon an einem Prisma oder einer einfachen Linse von Glas hätte ermitteln können.

Diese Bemerkung glaubte ich voranschicken zu müssen, weil die Geschichte der Physik unläugbar auch die Aufgabe hat, den Werth der Erfindungen und Entdeckungen gegeneinander abzuwägen und weil man, freilich früher mehr als jetzt, die Erfindung der Fernröhre und Mikroskope wegen ihrer Nützlichkeit höher gestellt hat als andere, die doch in der That für die Kenntnifs des Lichts von weit gröfserer Wichtigkeit sind, z. B. die Entdeckung der Inflexion, der doppelten Strahlenbrechung, der Polarisation und der Interferenz, Entdeckungen, deren erste Keime alle noch in das XVII. Jahrhundert fallen.

Diese ihrer Unscheinbarkeit und Räthselhaftigkeit wegen lange Zeit unbeachteten Erscheinungen, deren Entdeckung am grofsen Publikum ebenso spurlos vorübergingen, wie an der Mehrzahl der Physiker des XVII. und XVIII. Jahrhunderts, diese sind es, welche unsere Einsicht in die Natur des Lichts wahrhaft erweitert, die Optik eigentlich erst zur Wissenschaft gemacht haben, und sie müssen daher, wie hoch man auch die Erfindung der Fernröhre und Mikroskope anschlagen mag, immer noch über dieselbe gesetzt werden.

Dies ist wenigstens das Urtheil, welches wir heut zu Tage über die Erfindung dieser optischen Werkzeuge fällen müssen, wenn wir ihr Verhältnifs zu anderen Entdeckungen und Erfindungen in der Physik unpartheiisch feststellen

wollen. Anders mufste sie freilich den Zeitgenossen erscheinen, und aus guten Gründen. Einmal war bis dahin wirklich noch keine Erfindung in der Optik gemacht, die sich an Wichtigkeit mit der der Fernröhre hätte messen können, und dann war es ihnen auch nicht zu verargen, dafs sie ein Instrument, welches schon in seiner unvollkommenen Gestalt bei seiner ersten Anwendung ganz neue Welten am Himmel aufschlofs, als das höchste priesen, was die Erfindungskraft des Menschen hervorgebracht habe.

Wenn eine Erfindung zur Zeit, wo sie gemacht wird, unbeachtet bleibt oder für zu gering gehalten wird, so geschieht es nicht gar selten, dafs der Name des Urhebers verloren geht, Zeit und Ort seines geistigen Erzeugnisses unbekannt bleiben. Ebenso häufig aber findet ein solcher Verlust statt, wenn die Wichtigkeit der Erfindung Jedermann sogleich in die Augen springt, wenn nationale oder persönliche Eifersucht sich einmischen, oder wenn gar ein bedeutender pekuniärer Gewinn davon zu hoffen ist.

Statt eines Erfinders haben wir dann sogleich mehrere, die ihre wahren oder vermeintlichen Ansprüche auf die Ehre der ersten Idee oder ersten Ausführung oft mit scheinbar gleichen Beweisgründen geltend zu machen suchen, und es ist dann eine schwierige Aufgabe für den Geschichtsforscher, zu entscheiden, wem von Allen der Kranz gebühre. So ist es auch mit der Erfindung der Fernröhre ergangen. Nicht weniger als drei Nationen streiten sich um die Ehre, den Erfinder des Fernrohrs zu den ihrigen zählen zu können, nämlich Engländer, Italiener und Holländer, und unter den letzteren sind es wiederum drei Personen, die gleiche Ansprüche zu haben vermeinen.

Es fehlt nur noch, dafs auch die Chinesen hier als Mitbewerber auftreten. In der grofsen japanischen Encyklopädie *wa-kan-san-saï-tsou-ye* sieht man abgebildet den Jupiter, begleitet von zwei kleinen Körpern, und darunter stehend die Worte: *Es giebt daneben* (neben dem Jupiter) *zwei kleine Sterne, die wie abhängig von ihm sind.* Dies findet sich in der japanischen Ausgabe, die jünger als 1713

ist; in der älteren von 1609, die in China erschienen ist, findet sich nichts dem Aehnliches. Die Ausgabe von 1713 verräth keinen europäischen Einfluſs, denn man sieht darin das Kaninchen Reis im Monde zerstampfend, die 9 Wege, die der Mond befolgt und die 9 Himmel, in deren Mitte die Erde liegt.

76. Die Engländer berufen sich zunächst auf die Andeutungen, die man in dem Opus majus 1267 von **R. Baco** über das Fernrohr findet. Diese Andeutungen sind allerdings beachtenswerth; allein wenn man sie unpartheiisch prüft, so ist das Höchste, was sich für **R. Baco** in Anspruch nehmen läſst, die Ehre, die Möglichkeit der Konstruktion der Fernröhre eingesehen zu haben. An keiner Stelle sagt er, daſs er wirklich Fernröhre vor sich gehabt oder gar selber verfertigt habe; er spricht immer nur von können. An einer anderen Stelle wird ihm in den Mund gelegt, er habe gesagt, Julius Caesar hätte von den Küsten Galliens aus die britannischen Häfen und Städte durch aufgerichtete Spiegel betrachtet, und in seinem Buche *De perspectivis*, wovon sich das Manuskript in Oxford befindet, soll er sogar sagen, Caesar habe die britischen Küsten durch ein aufgerichtetes Rohr betrachtet.

Was die erste Stelle betrifft, so waltet dabei, wie schon **Rob. Smith** bemerkt hat, ein Miſsverständniſs ob, indem man *speculae*, Warten mit *specula*, Spiegel verwechselte; und auf den Grund der zweiten Stelle wird wohl Niemand den Julius Caesar im Ernst für den Erfinder der Fernröhre ausgeben wollen. Aus verschiedenen Nachrichten scheint hervorzugehen, daſs man schon frühzeitig bei der Beobachtung der Gestirne offene Röhren zur Abhaltung der Seitenstrahlen angewandt habe, die möglicherweise zu irrigen Deutungen führten.

So berichtet **Ditmar**, Bischof von Merseburg, gest. im Anfange des XI. Jahrhunderts in seinem Chronicon Martisburgense, es habe **Gerbert**, der nachmalige Papst Sylvester II. durch ein Rohr Sterne beobachtet. Ferner soll, wie **Cysatus** in seinem Werk über den Kometen von 1618 sagt, im

Kloster Scheyern, in der Diöcese Freising, eine mit dem Jahre 1096 beginnende Chronik von einem Mönch **Konrad** sein, in welcher ein Astronom abgebildet ist, der durch ein Rohr den Himmel betrachtet. Der berühmte Benediktiner **Mabillon** hat auf seiner Reise in Deutschland 1683 diese Chronik und das Bild gesehn und erzählt, es stelle letzteres den **Ptolemaeus** dar, welcher durch ein fernrohrähnliches Instrument nach dem Himmel sieht. Diese Röhren sind höchst wahrscheinlich leer gewesen, denn hätten sie Gläser gehabt, so würde dies sicher wohl angegeben sein.[1])

Aus dem Allen geht hervor, daſs die erwähnten beiden Stellen bei **R. Baco** nicht den mindesten Beweis dafür abgeben, daſs er schon Fernröhre gekannt habe.

Uebrigens ist man in der Deutung von Aeuſserungen, durch welche die Erfindung der Fernröhre als eine sehr alte hingestellt werden soll, mitunter erstaunlich weit gegangen. Wenn **Diodorus Siculus** erzählt, es sei eine Insel den Celten gegenüber nach dem Nordpol hin (Britannien), wo man den Mond so nahe sehe, daſs man Berge wie auf der Erde darauf erkennen könne, so soll darin eine Kenntniſs vom Fernrohr angedeutet sein. Ein sehr gelehrter Mann aus dem XVII. Jahrhundert **Arias Montanus** hat die Erfindung der Fernröhre gar bis in die Zeiten unseres Heilandes hinausgesetzt, indem er aus der Stelle Matthäus 4, v. 8: *Da führte ihn der Teufel mit sich auf einen hohen Berg und zeigte ihm alle Reiche der Welt und ihre Herrlichkeit*, den Schluſs zieht, daſs dies nur mittelst eines Teleskops geschehen sein könne, welches der Teufel erfunden habe.

Bestimmter lauten die Ansprüche, welche die Engländer für ihren Landsmann **Leonard Diggs** erheben, welcher ums J. 1573 gestorben ist und bei Bristol lebte. Dieser hat 1571 eine Pantometrie herausgegeben, von welcher sein Sohn **Thomas Diggs** 1591 eine zweite Ausgabe besorgte. In der Vorrede zu dieser zweiten Auflage sagt nun der

[1]) Wilde, Gesch. d. Optik I, 141.

Sohn, der Vater sei durch praktische Beschäftigung mit dem Gegenstand und durch mathematische Demonstrationen dahin gelangt, Gläser so zu verbinden, daſs man damit ferne Gegenstände sehen könne. Im 21. Kapitel des Buchs setzt L. **Diggs** selbst die Wirkung einer Kombination von konkaven und konvexen Gläsern näher auseinander.

Ein neuerer ausgezeichneter Physiker **Brewster**, der die Optik mit so vielen wichtigen Thatsachen bereichert hat, freilich aber als Geschichtsschreiber da, wo das Interesse seiner Landsleute mit ins Spiel kommt, selten ganz unbefangen und gerecht urtheilt, steht nicht an, auf obige Angabe hin dem L. **Diggs** einen Antheil an der Erfindung der Fernröhre beizulegen und überhaupt anzunehmen, daſs die Wirkung einer Linsenkombination als ein Experiment lange bekannt gewesen sei, ehe man sie zu einem Instrument umgeschaffen hat.[1])

Es ist indeſs zu bemerken, daſs **Rob. Hooke**, ein sehr bedeutender Physiker und Zeitgenosse **Newton**'s, der zuerst auf das Werk von **Diggs** aufmerksam machte, doch der Ansicht ist, derselbe habe aus **Porta** geschöpft. Allein diese Ansicht wird unhaltbar, wenn man bedenkt, daſs die 2. Ausgabe von **Porta**'s Magie, in welcher von Linsenkombination die Rede ist, erst 1589 erschien; auch darf nicht übersehen werden, daſs bei **Diggs** an den betreffenden Stellen von der Einstellung der Gläser (glasses) unter gehörige Winkel die Rede ist, so daſs es scheint, er habe gar nicht von Glaslinsen, sondern von Glasspiegeln gesprochen, und als handle es sich um Reflektoren.

77. Wenn man halb verbürgten Nachrichten trauen darf, so wären überhaupt die Spiegelteleskope, die Reflektoren, deren Erfindung man gewöhnlich für eine spätere als die der Fernröhre oder Refraktoren hält, doch weit früher als diese bekannt gewesen, was in so fern nicht ganz unglaublich sein würde, als bekanntermaſsen Hohlspiegel, d. i. Brenn-

[1]) Brewster, Optics S. 466, 468; London 1831.

spiegel von Metall, viel eher in einer gewissen Vollkommenheit dargestellt wurden als Glaslinsen.

Zu diesen Nachrichten gehört eine sehr verbreitete muselmännische Sage, dafs auf dem Leuchtthurm von Alexandrien ein grofser Spiegel vorhanden war, mittelst dessen man die Schiffe aus den Häfen Griechenlands konnte auslaufen sehen. Das klingt fabelhaft und ist jedenfalls eine Uebertreibung, aber etwas mufs an der Sache sein, denn sie wird von mehreren arabischen Schriftstellern berichtet und der Spiegel sogar beschrieben von **Hafez**, **Abdallatif**, **Massudi** u. s. w., selbst von **Benjamin** von Tudela; **Abulfeda** giebt sogar an, der Spiegel sei von chinesischem Metall verfertigt gewesen.[1]

Eine ähnliche Nachricht hat uns der gelehrte Italiener **Barattini** in einem Brief an den französischen Astronomen **Boullian** aufbewahrt. In diesem Brief, der freilich erst vom J. 1672 datirt, als schon die Spiegelteleskope offenkundig erfunden waren, schreibt er, dafs sich zu Ragusa auf einem Thurm ein solches Instrument befunden habe und noch befinde, mittelst dessen man Schiffe in der Entfernung von 25—30 Migl. sehen könne, dafs ein eigener Wächter dabei angestellt sei, und dafs man die Konstruktion des Instruments von **Archimedes** herleite.

Wir müssen es dahin gestellt sein lassen, wieviel Wahres an dieser Nachricht sei, da neuere Nachforschungen nichts über das Schicksal des ragusanischen Spiegels haben ermitteln können.[2] Dagegen ist unbezweifelt, dafs die Italiener die ältesten Ansprüche auf die Erfindung der ersten Linsenkombination haben.

78. Der schon erwähnte **Fracastoro** (§ 57) sagt in seinem Werk *Homocentricorum seu de stellis liber unus, Venet. 1538*, dafs man durch zwei übereinander gelegte Glaslinsen die Gegenstände weit gröfser und näher sehe als durch eine, deutlicher noch drückt sich **Giambattista**

---

[1]) Libri, Hist. des sciences math. en Italie I, 215, 229.

[2]) Libri, ibid. I, 217.

Porta aus in seiner Magia naturalis, wohl nur in der Ausgabe von 1589, und wenn selbst in der von 1558, doch immer später als **Fracastoro**. Er sagt: Durch ein Hohlglas sieht man entfernte Gegenstände deutlich, durch ein erhabenes betrachtet man nahe liegende. Weifs man beide gehörig zu kombiniren, so wird man sowohl nahe als ferne Gegenstände gröfser und deutlicher sehen. Ich habe dadurch vielen Freunden, die schlechte Augen haben, grofse Dienste geleistet, und sie in den Stand gesetzt sehr deutlich zu sehen.

Schon aus dieser Aeufserung ersieht man, dafs **Porta**'s Linsenkombination nur eine Art Brille, allenfalls eine Art Operngucker von etwa zweimaliger Vergröfserung war, und gewifs kombinirte er auch nur gewöhnliche Brillengläser. Hätte er Linsen von gröfserer Brennweite kombinirt, hätte er ein wirkliches Fernrohr dargestellt, so würde er es sicher nicht verschwiegen haben. Die Wirkungen eines einigermafsen kräftigen Fernrohrs sind für den, welcher sie zum ersten Male kennen lernt, so überraschend, dafs sie wohl jeden die Zunge lösen werden, und **Porta** gehörte nicht zu denen, die ihr Licht unter den Scheffel stellten. Es ist unmöglich zu glauben, dafs er nicht wenigstens den Mond betrachtet haben sollte, und dann würde er sicher nicht geschwiegen haben.

Wenn indefs **Porta** selbst auch keinen direkten Antheil an der Erfindung des Fernrohrs hat, so wäre es doch möglich, dafs er sie indirekt hervorrief. **Porta**'s Werke wurden zu ihrer Zeit viel gelesen, gingen durch ganz Europa, und wohl könnte es sein, dafs einer über die erwähnte Stelle nachgedacht, den leicht anzustellenden Versuch wiederholt und vervollkommnet hätte.

So kannte **Keppler** den Versuch von **Porta** und berichtet uns, der Kaiser Rudolph habe ihn gefragt, was er davon denke. **Keppler** hielt den Versuch für unmöglich, war indefs doch der Meinung die Beschreibung desselben, so wie andererseits die vielen Zeichnungen, die er selbst in seinen Paralipomenis von Konkav- und Konvexgläsern

gegeben habe, hätten zu der Erfindung des Fernrohrs beigetragen. Doch ist dies nur eine Vermuthung. Was überhaupt die Erfindung veranlaſste, darüber sind die Meinungen getheilt. Einige der neueren Naturforscher glauben, daſs wenn auch **Baco** und **Porta** nicht die Fernröhre erfanden, doch die optischen Kenntnisse zu Anfang des XVII. Jahrhunderts denjenigen Grad von Reife besaſsen, wo diese Erfindung, wie die des Mikroskops, unvermeidlich war. Von der Voraussetzung ausgehend, daſs keine Person sich mit entschiedener Gewiſsheit als Erfinder bezeichnen lasse, glauben sie, es wären gleichzeitig mehrere Personen unabhängig von einander auf die erste rohe Kombination von Linsen verfallen, und diese erste rohe Zusammenstellung hätte sich in verschiedenen Händen so stufenweise und langsam vervollkommnet, daſs man zuletzt, als ein wirkliches Fernrohr zu Stande gebracht worden, nicht mehr recht zu entscheiden vermochte, wer den Hauptantheil an dem Werk gehabt, und wem folglich die Ehre der Erfindung eigentlich zuzuschreiben sei.

Gewiſs ist dies im Allgemeinen die Geschichte mancher Erfindung, besonders derer, die auf praktischem Boden entsprungen sind, ob sie aber auch darum die des Fernrohrs sei, ist doch noch zweifelhaft. Was zunächst die Ansprüche der verschiedenen Nationen betrifft, so kann sogar nicht im Mindesten zweifelhaft sein, welche die kräftigsten sind. Eine umsichtige partheilose Prüfung dieser Ansprüche muſs bald anerkennen, daſs unter allen Nationen die Holländer die gröſste Wahrscheinlichkeit für sich haben.

79. Wo in der ersten Zeit ein Fernrohr bewundert wird, da läſst sich auch dessen Ursprung aus Holland nachweisen, oder wenigstens wahrscheinlich machen, und vor dem Zeitpunkt, den man mit überwiegenden Gründen als den der Erfindung des Fernrohrs in Holland feststellen kann, vor diesem Zeitpunkt sage ich, läſst sich in keinem anderen Lande die Existenz eines Fernrohrs mit Gewiſsheit darthun, d. h. die Existenz eines dioptrischen Werk-

zeugs, das mehr als eine Brille oder höchstens ein Operngucker gewesen wäre.

Holland kann demnach mit mehr denn Wahrscheinlichkeit als die Wiege der Erfindung des Fernrohrs angesehen werden. Es fragt sich nur noch, wer in diesem Lande als der Erfinder betrachtet werden muſs, denn nicht weniger als drei Personen werden uns als solche bezeichnet. Der Urkunden zur Geschichte dieser Erfindung sind gerade ebenso viele, und sonderbar genug spricht sich jede zu Gunsten einer anderen dieser drei Personen aus. Diese Urkunden sind:

1) Die Dioptrik von **Descartes** erschienen im J. 1637.

2) Ein Buch betitelt *De vero Telescopii inventore*, herausgegeben 1655 von **Pierre Borel** (lat. Borellus, fälschlich Borelli), einem französischen Arzt, auf Veranlassung und mit Unterstützung von Willem **Boreel**, damaligem holländischen Gesandten in Paris und einem geborenen Middelburger.

3) Auszüge aus den holländischen Staatsarchiven gemacht von **Van Swinden**, ehemaligem Professor der Physik zu Amsterdam (gest. 1823), und veröffentlicht 1831 von Professor **Moll** zu Utrecht. Diese Quelle ist als die zuverlässigere zu betrachten.

Was nun zuvörderst die Angabe von **Descartes** betrifft, so lautet sie kurz dahin, dass vor ungefähr 30 Jahren, von 1637 rückwärts also etwa 1607, ein Mann ganz unbewandert in den freien Künsten, **Jakob Metius** mit Namen, zu Alkmaar in Nordholland nach mancherlei Versuchen mit hohlen und erhabenen Linsengläsern das erste Teleskop zu Stande gebracht habe.

Ueber diesen **Jakob Metius** giebt uns nun Professor **Moll** folgende Auskunft. Zunächst war sein eigentlicher Name nicht **Metius** sondern **Adriaanszoon**, und dann war er auch keineswegs ohne Bildung, sondern in Wissenschaften und namentlich in der Mathematik wohl bewandert. Sein Vater hieſs Adriaan Anthoniszoon, war Inspektor der holländischen Festungen, und zeichnete sich sowohl im Kriege

gegeben habe, hätten zu der Erfindung d… t; ihn
getragen. Doch ist dies nur eine Vermu… messer
haupt die Erfindung veranlaſste, darü… Er hatt
gen getheilt. Einige der neueren … thematil
daſs wenn auch Baco und Porta … zu Hvei
fanden, doch die optischen K… iversitäte
XVII. Jahrhunderts denjenige… gen seine
wo diese Erfindung, wie die … Beinamen
war. Von der Voraussetzu… ondern auch
sich mit entschiedener G… Vater über
lasse, glauben sie, es … aus für Jakob
unabhängig von ein… ier zu thun haben
von Linsen verfal… Söhne, war ein Sonder-
stellung hätte si… ei wunderliche Dinge erzählt
und langsam … n den Wällen ein groſses Brenn-
wirkliches F… sich darin gefallen haben die Stunde
mehr recht … , wenn dieser oder jener Baum in bedeu-
an dem … nung würde angezündet werden. Man soll
findung … ansehnliche Summen für das Geheimniſs der Kon-
… dieses Glases geboten haben, aber er weigerte
Erf… sich selbst auf dem Todtenbette irgend etwas davon zu
e… verrathen. Von ihm findet sich nun in den Archiven der
Generalstaaten eine Eingabe datirt vom 17. Oktober 1608, worin er sagt:

Er habe seit zwei Jahren alle seine Zeit dem Glasmachen gewidmet und sei nun so weit, daſs er ein Werkzeug verfertigt, welches sehr entfernte Gegenstände gröſser und deutlicher zeige, und, setzt er hinzu, welches ebensoviel leiste als das, welches ein Bürger und Brillenmacher zu Middelburg kürzlich den Staaten angeboten habe. Prinz Moritz von Nassau und andere Personen hätten sich durch den Augenschein davon überzeugt u. s. w. — Daher bittet er denn um ein Privilegium zum Schutze seiner Erfindung.

Aus dieser Eingabe gehen zwei historische Data mit Gewiſsheit hervor: 1) daſs im Oktober 1608 die Fernröhre schon zu Middelburg erfunden waren, und 2) daſs Jakob **Adriaanszoon**, wiewohl er seiner Angabe nach schon seit

asmachen, wie er es nennt, sich beschäftigt
die Priorität der Erfindung für sich in
ndern nur behauptet, er könne ebenso
ddelburger Brillenmacher.
rtheilten die General-Staaten fol-
dem **Jakob Adriaanszoon** nicht
s bis er seine Erfindung zu
cht. — Diesen Bescheid
nd von nun an beschäf-
dem Gegenstand. Die
origens hatte ihren guten
en Archiven zu Haag aufge-
gt nämlich, dafs jener Middelburger
essen Jakob Adriaanszoon gedenkt, sich
ihm ebenfalls um ein Patent beworben hatte.

Eine Verfügung, datirt vom 2. Oktober 1608 sagt *lich*, dafs auf die Eingabe von **Franz Lippershey** (auch persheim, Lipperseim, Laprey), gebürtig aus Wesel und llenmacher zu Middelburg, dem Erfinder eines Instrutes zum Sehen in die Ferne, welcher um ein 30jähriges nt für seine Erfindung oder um ein Jahrgehalt eingemen sei, beschlossen worden ihm mitzutheilen: Er e seine Erfindung so vervollkommnen, dafs man mit iden Augen durch das Instrument sehen könne . . . nn sei bei ihm auch anzufragen, eine wie grofse Benung er zu fordern gedenke.

Die Bedingung ein Instrument für beide Augen herzustellen ist gewifs sonderbar; sie mufs auch der Regierung bald als unbillig erschienen sein, denn schon ein Beschlufs vom 4. Oktober 1608 lautet dahin: Es möchte aus jeder Provinz eine Person ernannt werden, um auf dem Thurm des Palastes Sr. Excellenz des Prinzen Moritz das von **Hans Lippershey** erfundene Instrument zu prüfen, und falls es sich bewährte, möchten diese Personen mit dem **Hans Lippershey** in Unterhandlung treten, damit er drei solche Instrumente aus Bergkrystall, wofür er 1000 Gulden verlange, für einen billigeren Preis anfertige.

Die angeordnete Prüfung wurde rasch ausgeführt, schon eine Verfügung vom 6. Oktober 1608 besagt: Die Kommissare zur Prüfung des Instruments von **Hans Lippershey** hätten den Nutzen desselben für die Staaten eingesehen, und man beauftrage daher den **Lippershey** ein solches Instrument aus Bergkrystall zu verfertigen, ihm sogleich 300 Gulden auszuzahlen und noch 600 Gulden, wenn er das Instrument vollendet habe, ihm auch eine Zeit festzusetzen, innerhalb welcher er dasselbe vollendet haben müsse; dann endlich wolle man berathen, ob ihm ein Patent oder ein Jahrgehalt zu geben sei.

Während nun diese Verhandlungen mit **Lippershey** gepflogen wurden, kam **Jakob Adriaanszoon** mit seiner Eingabe, und es war also natürlich, daſs er abgewiesen wurde. Mit **Lippershey** dauerten übrigens die Verhandlungen fort; ein Dekret vom 15. December 1608 sagt: **Lippershey** habe das verlangte Instrument für beide Augen zur Befriedigung der Kommissare wirklich dargestellt, allein man könne ihm deſsungeachtet kein Patent ertheilen, weil manche andere Personen ebenfalls Kenntniſs von der neuen Erfindung besäſsen (wahrscheinlich bezieht sich diese Aeuſserung auf **Jakob Adriaanszoon**), man bewillige ihm aber unter den früheren Bedingungen 900 Gulden für zwei andere Binokular-Instrumente von seiner Erfindung. — **Lippershey** ging darauf ein; er lieferte die beiden Instrumente am 13. Februar 1609, und erhielt dafür die festgesetzte Summe.

Diese Verhandlungen sind in geschichtlicher Hinsicht sehr interessant. Wir lernen aus ihnen zuvörderst, daſs die ersten Fernröhre nicht aus Glas verfertigt wurden, wahrscheinlich wegen der fehlerhaften Beschaffenheit des damals in Holland zu beziehenden Glases, sondern aus einem ungleich härteren Material, aus Bergkrystall, welcher erst in ganz neuer Zeit von dem Optikus **Cauchoix** in Paris zu Fernröhren wieder angewandt worden ist. Es verdient hierbei wohl bemerkt zu werden, daſs auch die Brillen vermuthlich in der ersten Zeit nicht oder nicht

immer aus Glas verfertigt wurden, denn das Wort Brille stammt von Beryll, und der Beryll wurde häufig mit Bergkrystall verwechselt (vergl. § 44).

Ferner ersehen wir aus jenen Aktenstücken, dafs **Lippershey** unfreiwillig zum Erfinder des Binokular-Fernrohrs geworden ist, eines überflüssigen und daher bis auf die ähnlich eingerichteten Operngucker wieder aufser Gebrauch gekommenen Instruments, dessen erste Erfindung man vor Bekanntmachung dieser holländischen Dokumente anderen Personen zuschrieb, nämlich **Galilei**, **Schyrläus de Rheita** und dem Pater **Cherubin le Gentil**, der sie sogar auf Mikroskope ausdehnte in seiner Schrift: *De visione perfecta, Paris 1678.*

81. Die dritte Person, welche als Erfinder des Fernrohrs genannt wird, und zwar noch häufiger als **Metius** und **Lippershey**, ist **Zacharias Jansen** (Janszoon), ebenfalls Brillenmacher zu Middelburg. Für diesen **Jansen** spricht sich **Borel** in seinem Buche aus, und diese Aussage verdient insofern Beachtung, als sie auf den Mittheilungen des Gesandten **Boreel** beruhen, der selbst ein Middelburger als Knabe den Zacharias zu seinen Spielgenossen zählte, und im J. 1655 alle damals noch lebenden Zeugen der Leistungen dieses Brillenmachers amtlich von dem Magistrat zu Middelburg vernehmen liefs. Die Protokolle dieser Zeugen-Verhöre wurden im Middelburger Rathhause niedergelegt, sind aber leider wie die Wohnhäuser von **Lippershey** und **Jansen**, die darin näher bezeichnet werden, im Lauf der Zeiten untergegangen.

Was **Borel** von diesen Zeugnissen mittheilt, spricht nicht entscheidend allein zu Gunsten für **Jansen**, vielmehr sind einige der Aussagen auch für **Lippershey**. Die Zeugnisse beruhen überdies zumeist auf den Aussagen bejahrter Leute aus dem niedern Bürgerstande, die aus Erinnerung sprachen, und dabei nicht selten in den Jahreszahlen irrten. Selbst das, was **Boreel** aus eigener Erinnerung an **Borel** berichtete, ist von keinem gröfseren Gewicht, in sofern es begründete Ansprüche von **Jansen** auf die Erfindung

der Fernröhre betrifft. Er sagt nämlich, er habe oft gehört **Jansen**, der Vater von **Zacharias**, habe in Gemeinschaft mit diesem das erste Mikroskop erfunden, habe eins davon dem Prinzen Moritz von Oranien, und späterhin ein anderes dem Erzherzog Albrecht von Oesterreich übersandt. **Boreel** setzt hinzu: Eben das letztere Instrument habe er im J. 1619, als er Gesandter in England war, bei **Cornelius Drebbel** gesehen (§ 114). Es sei kein Mikroskop von der zu seiner Zeit üblichen Einrichtung gewesen, sondern habe ein 18 Zoll langes und 2 Zoll weites Rohr von vergoldetem Kupferblech gehabt, getragen von drei Delphinen, die auf einer Platte von Ebenholz ruhten. Die auf diese Platte gelegten kleinen Gegenstände erschienen, wenn man von oben in das Instrument sah, wunderbar vergrößsert. Lange hernach, fügt endlich **Boreel** hinzu, im J. 1610 sei es dem **Hans** mit seinem Sohn **Zacharias** durch fortgesetztes Nachdenken geglückt, ein langes zur Betrachtung der Himmelskörper geeignetes Fernrohr zu Stande zu bringen. Sie hätten es dem Prinzen Moritz überreicht, welcher es geheim hielt, und es bei vielen seiner Expeditionen mit Nutzen gebrauchte.

Aehnlich lautet die Aussage von **Hans** dem Sohn von **Zacharias**, also Enkel des genannten **Hans**. Er sagt im J. 1655, er hätte oft gehört, daſs sein Vater, vom Groſsvater spricht er nicht, im J. 1590 das Fernrohr erfunden habe, dasselbe sei aber nicht länger als 15 bis 16 Zoll gewesen. Diese kurzen Instrumente seien bis zum J. 1618 im Gebrauch gewesen, um welche Zeit **Zacharias** und der Zeuge **Hans** die längeren Teleskope (Mikroskope?) erfanden.

Also auch nach diesen Zeugnissen bleibt dem **Lippershey** die Priorität, wenn auch nicht der Erfindung, doch der ersten Ausführung des Fernrohrs, da derselbe, wie wir sahen, schon 1608 ein solches den General-Staaten überreichte.

Nach allen diesen Erörterungen kann man demnach mit gutem Grund annehmen:

1) Daſs **Lippershey**, geb. in Wesel, Brillenmacher zu Middelburg, gest. 1619, die Ehre der ersten Ausführung

eines Fernrohrs gebührt, indem er schon im Oktober 1608 ein fertiges Instrument dieser Art den General-Staaten übersandte, dafs er zugleich das erste Binokular-Teleskop dargestellt, und dabei Bergkrystall als Material der Linsen angewandt hat.

2) Dafs, wenn auch **Jakob Adriaanszoon** d. i. **Metius** die Idee zum Fernrohr wirklich ebenso früh als **Lippershey** gehabt haben sollte, er doch in der Ausführung dieser Idee hinter demselben zurückblieb. Auch **Huyghens** versichert[1]), dafs ein middelburger Künstler vor dem **Jakob Metius** Fernröhre verfertigt habe.

3) Was endlich **Hans** und seinen Sohn **Zacharias Jansen** oder Janszoon betrifft, so haben diese, selbst nach **Boreel**'s Zeugnifs keinen Anspruch auf die Erfindung der Fernröhre, da sie selbst nach diesem Gewährsmann erst 1610 ein solches Instrument darstellten. Allenfalls könnte man diesen **Hans** oder seinen Sohn als den Erfinder des zusammengesetzten Mikroskops für opake Gegenstände ansehn.

82. Die Gewifsheit, dafs schon 1608 Fernröhre von **Lippershey** verfertigt worden sind, zeigt zur Genüge den Ungrund mancher Erzählungen über die Veranlassung zu dieser Erfindung. Ich will davon einige anführen. Ein Mailänder **Hieronymus Sirturus**, der im Jahre 1618 unter dem Titel *De origine et fabrica telescopiorum* ein Werk über die Erfindungsgeschichte des Fernrohrs schrieb, und um die Materialien für dasselbe zu sammeln, eigends mehrere Länder bereiste, erzählt folgendes:

Es sei 1609 ein Unbekannter, dem Ansehn nach ein Holländer, zu **Lippershey** gekommen und habe sich von diesem einige konvexe und konkave Gläser schleifen lassen. Als er sie in Empfang genommen, habe er ein konvexes und ein konkaves vor einander gehalten, bald näher, bald ferner, habe hindurch gesehen, und dann dem **Lippershey** bezahlt und sich entfernt. **Lippershey** als ein aufgeweckter Mann habe sich das gemerkt, nachdem der Mann fort war,

---

[1]) Opera reliqua, Amstel. 1728; Vol. II. dioptr. p. 125.

den Versuch wiederholt, dabei die Wirkung der Linsen-Kombination kennen gelernt, und bald darauf ein Fernrohr zu Stande gebracht. Da dieses im J. 1609 vorgegangen sein soll, so ist schon um deswillen die Geschichte nicht glaublich.

Nach Andern sollen es die Kinder von **Lippershey** gewesen sein, die eigentlich die Erfindung veranlaſsten, indem sie in der Werkstatt ihres Vaters mit Glaslinsen spielten, dabei eine konkave und eine konvexe in einer papiernen Röhre befestigten, durch diese Röhre nach der Wetterfahne eines Kirchthurms sahen, und sie zu ihrer nicht geringen Verwunderung vergröſsert erblickten. Diese ganz artig klingende Geschichte ist sogar von **Arago** bei Gelegenheit des Berichts über das Daguerreotyp wieder aufgefrischt. Wenn sie indeſs auch nicht wahr sein sollte, so hätten **Lippershey**'s Kinder doch nur gewöhnliche Linsengläser kombinirt, und also nichts mehr gethan, als den schon lange vor ihnen von **Porta** und **Fracastoro** angestellten Versuch wiederholt.

Endlich erzählt **Borel**, der wie erwähnt dem **Lippershey** die Erfindung abspricht, sie wäre folgendermaſsen zu diesem gelangt. Ein Mann aus Nordholland, sagt er, der von **Jansen**'s Leistungen gehört hatte und diesen sprechen wollte, sei durch ein Versehen zu **Lippershey** hingewiesen worden, und hätte sich mit diesem über das Geheimniſs der Fernröhre unterhalten. Die Aeuſserungen dieses Fremden seien nun hinreichend gewesen, um **Lippershey** als einen aufgeweckten Mann zum zweiten Erfinder zu machen. **Borel** verlegt diese Begebenheit ins J. 1610; sie kann also schon darum den Ansprüchen von **Lippershey** keinen Abbruch thun.

83. Von Holland aus verbreitete sich die Kunde von dem neuen wunderbaren Instrument mit groſser Schnelligkeit durch das ganze civilisirte Europa. So gelangte sie noch im Jahre 1608 nach Frankreich. Jeanin und Bussy, damals auſserordentliche Gesandte des Königs Heinrich IV. bei den General-Staaten, erlieſsen schon am 28. December

1608 ein Schreiben an ihren Monarchen, worin sie den Ueberbringer desselben, einen Soldaten aus Sedan Namens Crepi, der lange im Heere des Prinzen Moritz gedient hatte, als einen Mann empfahlen, der mit mehreren für den Krieg nützlichen Erfindungen vertraut sei, namentlich auch mit der Verfertigung der eben erfundenen Fernröhre (lunettes). Die Gesandten fügten hinzu, sie würden diese Gelegenheit benutzt haben um Ihro Majestät ein Exemplar von den Middelburger Fernröhren zu übersenden, wenn nicht der Künstler sich geweigert hätte eins zu verkaufen, vorschützend er dürfe nur für die General-Staaten arbeiten.

Merkwürdig ist die Antwort, die Heinrich IV. am 8. Januar 1609 auf dieses Schreiben ertheilte: Ich werde die Fernröhre, von denen Sie in Ihrem letzten Briefe reden, mit Vergnügen annehmen, wiewohl mir jetzt ein Instrument, um die Dinge in meiner Nähe zu sehen, viel nöthiger wäre als eins zum Sehen in die Ferne. — Dies waren ahnungsvolle Worte; bekanntlich wurde der König bald darauf am 14. Mai 1610 von Ravaillac ermordet.

Man hat dessen ungeachtet angeführt, dafs die Kenntnifs der Fernröhre in Frankreich sich sehr langsam verbreitet habe. Es soll nämlich der verdiente Astronom und Beschützer der Astronomie Peiresc (geb. 1580 zu Beaugensie, gest. 1637 zu Aix), der zugleich Rath im Parlament zu Aix war, noch im Jahre 1622 die Wirkung der Fernröhre bezweifelt haben; er bezweifelte aber nur, dafs man durch ein Fernrohr eine Schrift auf eine Lieue Entfernung lesen könne. Er selbst beobachtete schon im November 1610 die Jupitertrabanten, und hatte auch wie Galilei die Idee, die Bewegung derselben zur Bestimmung der Meereslänge zu benutzen.[1])

Auch in Deutschland wurden die Fernröhre sehr frühzeitig bekannt. Schon 1608 wurde dem markgräflich Brandenburg-Anspachschen Geh. Rath Philipp Fuchs von Bimbach auf der Michaelis-Messe zu Frankfurt a. M. von

---

[1]) Kästner, Gesch. d. Math. IV, 135, 136.

einem Holländer ein Fernrohr zu Kauf angeboten, allein da das Objektiv einen Rifs hatte, und der Verkäufer einen hohen Preis forderte, so wurde nichts aus dem Handel. Bimbach erzählte indefs nach seiner Rückkehr in Anspach dem dortigen Astronomen **Marius** (Mayr) von dem neuen Instrumente, und dies veranlafste den letzteren einen Versuch mit einem konvexen und einem konkaven Glase zu machen, welcher auch vollkommen gelang. Er wollte nun nach Gypsmodellen, die er selbst machte, Linsen von gröfserer Brennweite in Nürnberg anfertigen lassen, allein der Künstler brachte diese Gläser nicht zu Stande. — **Simon Marius**, eigentlich Mayr, war geb. 1570 zu Gunzenhausen, und starb. 1624 zu Anspach als Hofastronom des Markgrafen Georg Friedrich.

Im Sommer 1609 bekam endlich **Bimbach** ein gutes Fernrohr (aus Holland?), und mit diesem stellte **Marius** sogleich Beobachtungen am Himmel an, durch die er späterhin mit **Galilei** in Streitigkeiten gerieth. Er will die Jupitermonde schon am 29. December 1609 entdeckt haben, ist aber mit seinen Ansprüchen erst aufgetreten, nachdem **Galilei** längst diese Entdeckung als sein Eigenthum veröffentlicht hatte. **Marius** spricht von seiner Beobachtung in dem von ihm herausgegebenen Fränkischen Kalender oder Practica von 1612, und in seinem 1614 zu Nürnberg erschienenen *Mundus jovialis anno 1609 detectus ope perspicilli belgici*[1]). Er nannte die Jupitermonde Sidera brandenburgica zu Ehren der brandenburgischen Markgrafen Friedrich, Christian und Joachim Ernst, die ihn drei Jahre lang in Italien hatten studiren lassen, und zuletzt als Mathematiker besoldeten.

Aufser diesen astronomischen Entdeckungen suchte sich **Marius** auch die Erfindung des Proportionalzirkels, den ebenfalls **Galilei** angegeben hatte, zuzueignen, so dafs man es dem grofsen Florentiner nicht verargen kann, wenn er gegen Mayr, der früher in Padua sein Schüler gewesen

---

[1]) v. Humboldt, Kosmos II, 509.

war, etwas erbittert ward, obwohl er vielleicht zu weit gegangen ist, diesen öffentlich als Plagiarius zu bezeichnen. **Keppler** giebt zwar in seinen Ephemeriden von 1616 zu, daſs **Marius** die Jupitermonde wohl gesehen, jedoch nicht gewuſst habe, was er vor sich hatte, schreibt aber sonst die Entdeckung dem **Galilei** zu.

Nach England gelangten die Fernröhre ebenfalls sehr frühzeitig, was bei der vielfachen Verbindung dieses Landes mit Holland nicht Wunder nehmen darf. Es hat sich zwar später als ungegründet erwiesen, was Hr. v. **Zach**[1]) angiebt, daſs der englische Astronom **Harriot** schon am 16. Januar 1610 die Jupitertrabanten, also vor **Galilei** und **Marius** beobachtet habe, da **Harriot** seine Beobachtungen erst am 17. Oktober 1610 begann, allein es scheint doch gewiſs zu sein, daſs ein anderer Engländer **Christoph Heyden** im Sommer 1610 die Plejaden mit einem Fernrohr beobachtete. Er erwähnt dessen in einem Briefe an **Camden**, und nennt dabei das Fernrohr *Trunk*.

Endlich blieb auch in Italien das Fernrohr nicht lange unbekannt. **Sirturus** erzählt, es sei schon im Mai 1609 ein Franzose in Mailand gewesen, der dem Grafen Fuentes ein Fernrohr angeboten, und sich für einen Miterfinder dieses Instruments ausgegeben habe. Dieser Franzose habe, als er in Mailand kein taugliches Glas gefunden, sich nach Venedig begeben, wo damals die Glasfabrikation sehr in Blüthe stand. Sehr wahrscheinlich ist dieser Franzose eben jener Soldat aus Sedan gewesen, den die französischen Gesandten ihrem König als vertraut mit der Erfindung empfahlen, ja von dem sie sagen, er würde ihm vor seinen Augen ein Fernrohr machen.

Dies war jedoch nicht der einzige Weg, auf welchem die neue Erfindung nach Italien gelangte. Aus einem Brief von **Lorenzo Pignoria** an **Paolo Gualdo**, datirt vom 31. August 1609, einem Briefe, der in einer neueren Biographie von **Galilei** mitgetheilt wird, erhellt, daſs dem

[1]) Monatliche Korrespond. VIII, 3077.

Kardinal Borghese um diese Zeit ein Fernrohr aus Flandern zugesandt ward. Endlich weiſs man auch, daſs ein Italiener Lanccius, der in Holland gewesen, sogleich nach seiner Rückkehr Linsengläser in Venedig bestellte, und diese fielen so gut aus, daſs er schon zu Anfang 1610 zwei solche Linsen nach Anspach an den erwähnten Bimbach sandte.

Diese frühzeitige Verpflanzung der Fernröhre von Holland nach Italien macht es nicht unmöglich, daſs Galilei nicht bloſs Kunde von diesem Instrument erhielt, sondern auch, wie einige Schriftsteller behaupten, Gelegenheit hatte, dasselbe durch den Augenschein kennen zu lernen. Galilei selbst läugnet dies aber, und man ist es wohl den Manen dieses groſsen Mannes schuldig, seinen Worten Glauben beizumessen. Mehr davon unter Galilei.

84. Das holländische Fernrohr, aus einem konvexen Objektiv und einem konkaven Okular bestehend, leidet an dem bedeutenden Uebelstand, daſs es, weil die Strahlen divergirend aus dem Okular treten, immer nur ein kleines Gesichtsfeld hat, daſs man damit immer nur einen sehr kleinen Theil des Himmels gleichzeitig übersehen kann, und daſs man, um das vorhandene Gesichtsfeld zu benutzen, das Auge dicht hinter das Okular bringen muſs. Dadurch werden aber die Beobachtungen sehr mühsam, so mühsam, daſs man jetzt kaum begreift, wo Galilei und Andere, die in der ersten Zeit den Himmel damit durchforschten, die Geduld dazu hernahmen.

Das kepplersche Fernrohr ist von diesen Mängeln frei; es hat ein relativ groſses Gesichtsfeld, und das Auge braucht nicht dicht hinter dem Okular gehalten zu werden. Ueberdies hat es noch einen wesentlichen Vorzug. Da nämlich das von dem Objektiv erzeugte Bild eines Gegenstandes in dem Rohr wirklich zu Stande kommt, so läſst sich an dem Ort des Bildes ein Fadenkreuz anbringen, dessen Kreuzung in der Axe des Fernrohrs liegt, wodurch es möglich wird, diesem stets dieselbe Richtung auf einen bestimmten Punkt zu geben. Wegen dieser kostbaren

Eigenschaft wird das kepplersche Fernrohr nicht blofs ein Werkzeug zum Beschauen der Gegenstände, sondern auch zum Messen derselben, sobald man mit demselben ein getheiltes Winkelinstrument verbindet.

Da bei dem holländischen Fernrohr kein reelles Bild entsteht, vielmehr die durch das Objektiv gegangenen Strahlen bereits vor ihrer Vereinigung von dem Okular aufgefangen und so zerstreut werden, als ob sie von einem zwar nahen, aber nicht existirenden Bilde herkämen, so ist die Anbringung eines Fadenkreuzes zwecklos. Es steht daher dieses Fernrohr hinsichtlich seiner Anwendbarkeit weit dem kepplerschen nach, welches jetzt ausschliefslich zu astronomischen Beobachtungen gebraucht, und deshalb für gewöhnlich auch mit dem Namen des astronomischen Fernrohrs belegt wird.

Es ist indefs zu bemerken, dafs **Keppler** selbst noch nicht die wichtige Eigenschaft an seinem Fernrohr auffand, wodurch dasselbe für Messungen so grofse Dienste leistet, auch speciell zu physikalischen Zwecken; ja was noch mehr ist, er begnügte sich damit, die Idee zu diesem Instrumente anzugeben, die Ausführung überliefs er Anderen. Erst einige Jahre später zwischen 1613 und 1617, genau ist das Jahr nicht anzugeben, stellte der Jesuit **Scheiner**, ein Landsmann **Keppler's**, nach dessen Idee ein astronomisches Fernrohr her, und benutzte dasselbe zu zahlreichen, für die Zeit höchst verdienstlichen Beobachtungen am Himmel.

Die Einfügung eines Fadenkreuzes und die Verbindung eines solchen Fernrohrs mit einem Winkelinstrument ist viel neueren Datums, und wird daher erst später zur Sprache kommen.

85. Um hier schliefslich alle Personen namhaft zu machen, die in der Geschichte der Erfindung der Fernröhre und deren erste Verbesserung eine Rolle spielen, mufs ich noch zweier erwähnen, **Fontana** und **Schyrl.**

Francesco Fontana, ein Jesuit und neapolitanischer Astronom (geb. 1580 zu Neapel, gest. ebenda 1656), be-

hauptet, das astronomische Fernrohr schon 1608 und das zusammengesetzte Mikroskop 1618 erfunden zu haben. Allein da sein Freund **Zupus**, auf den er sich beruft, nur bezeugt, dafs er 1614 ein solches Fernrohr bei ihm gesehen, damals dasselbe aber längst erfunden war, wie ebenso das Mikroskop 1618, überdies **Fontana** selbst mit seinen Ansprüchen erst 1646 hervortrat in der Schrift *Novae coelestium terrestriumque rerum observationes*, so haben sie mit Recht gar keine Beachtung erlangt.

Mehr Verdienst hat unbedenklich der Kapuciner **Anton Maria Schyrlaeus de Rheita** vom Kloster Rheit in Böhmen, eigentlich **Schyrl** heifsend, geb. 1597 in Böhmen, gest. 1660 in Ravenna. Er ist Erfinder des sogenannten Erdfernrohrs, einer Kombination von vier konvexen Linsen, die wiederum aufrechte Bilder von den Gegenständen giebt. Man kann es ansehen entweder als ein doppeltes astronomisches Fernrohr, oder als eins mit einem Objektiv und drei konvexen Okularen. Es hat Vorzüge vor dem kepplerschen Rohre mit 3 Linsen, und wird noch jetzt viel gebraucht, während dieses vergessen ist.

Schyrl beschrieb seine Erfindung in dem Werk, welches er unter dem sonderbaren Titel *Oculus Enochii et Eliae seu Radius sidereomysticus* 1645 zu Antwerpen herausgab, worin er auch die Vorzüge des tychonischen Systems gegen das kopernikanische vertheidigte. Seine Beschreibung war aber dem Geiste der damaligen Zeit gemäfs nicht deutlich, sondern versteckt, indem er u. A. die Buchstaben der Worte: *convexa quatuor* in einander schachtelte *cqounavteuxoar.* Er glaubte dadurch das Geheimnifs tief verschleiert zu haben, aber der Arzt Jakob Amling, dem der Jesuit Caspar Schott es zeigte, errieth es auf den ersten Blick[1]). — In diesem Werk gebraucht **Schyrl** auch zuerst die Ausdrücke Okular und Objektiv.

In demselben Werk beschreibt **Schyrl** auch das Binokularteleskop als seine Erfindung, das aber damals, wie

[1]) Wilde, Gesch. d. Optik I, 172.

wir wissen, längst durch **Lippershey** und **Galilei** erfunden war. — Auffällig ist, dafs er um den Jupiter 9, um den Saturn 6 und den Mars mehrere Monde gesehen haben wollte, und darüber schrieb: *Novem stellae circa Jovem visae, circa Saturnum sex, circa Martem nonnullae a P. Ant. Rheita detectae, Lovani 1643.*

Ein Mitglied der Accademia dei Lyncei, ein geborener Grieche **Demiscianus**, gab den Fernröhren und Vergröfserungsgläsern ihre jetzt gebräuchlichen Namen Teleskop und Mikroskop, welche bis dahin Conspicilia, Perspicilia, Occhiali, Occhialini genannt wurden.

Von den Mikroskopen glaubt **Huyghens**, dafs sie erst nach den Teleskopen erfunden seien, weil **Hieron. Sirturus** in seinem *De origine et fabrica telescopiorum 1618* noch nicht vom Mikroskop spricht.

Scheiner.

86. Nächst **Keppler** hat sich um die damalige Optik und namentlich um die Fernröhre am meisten Verdienste erworben der bereits erwähnte **Scheiner**, dessen Leistungen gleichsam einen Uebergang zwischen denen seiner beiden grofsen Zeitgenossen **Keppler** und **Galilei** machen, so dafs ich es für geeignet halte, sie an dieser Stelle auseinander zu setzen.

Christoph Scheiner wurde geboren 1575 zu Walda bei Mündelheim in Schwaben, und war also ein Landsmann von **Keppler**. Er trat 1595 in den Orden der Jesuiten, lehrte dann Hebräisch und Mathematik successiv zu Ingolstadt, Freiburg und Rom und starb 1650 als Rektor des Jesuiten-Kollegiums zu Neifse in Schlesien.

Am bekanntesten ist **Scheiner** durch seine Ansprüche auf die Entdeckung der Sonnenflecke. Er gab darüber Nachricht in drei Briefen an den gelehrten Bürgermeister zu Augsburg **Marcus Welser**, und zwar pseudonym unter dem Namen *Apelles latens post tabulam*, um nicht bei seinen unwissenden Ordensbrüdern anzustofsen. Selbst sein Ordensgeneral **Theodor Busaeus** wollte die Flecke nicht gelten

lassen, weil man nach damaliger aristotelischer Lehre die Sonne für das reinste Feuer hielt.

Die Briefe, die späterhin im Druck erschienen sind, datiren vom 12. November, 19. December und 26. December 1611. In dem ersten sagt er, dafs er ungefähr vor 7 bis 8 Monaten, also im April oder Mai 1611, schwarze Flecke auf der Sonnenscheibe beobachtet habe. Welser schickte diese Briefe an **Galilei**, um sich dessen Meinung über die angebliche Entdeckung auszubitten, worauf dieser antwortete (4. Mai, 14. August, 1. December 1812), er habe die erwähnten Flecke ebenfalls, und zwar schon im Oktober 1610, gesehen und sie damals mehreren Personen gezeigt.

Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, dafs **Galilei** der Zeit nach die Priorität in dieser Entdeckung hat, aber man mufs auch andererseits zugeben, dafs **Scheiner** nichts von den Arbeiten des italienischen Forschers gewufst, und darum ebenfalls ein Anrecht auf diese Entdeckung habe. Weit mehr trifft ihn der Vorwurf, dafs er seine Entdeckung nicht recht verstanden hat, denn er hielt die Flecke für dunkle Körper, kleine Planeten, die um die Sonne liefen, schlofs aber doch aus ihrer Bewegung auf die Axendrehung der Sonne, weil er sich einbildete, die vermeintlichen Planeten befänden sich auf oder dicht an der Oberfläche der Sonne. Dafs es Planeten seien, glaubten auch **Malapertius**, welcher darüber schrieb *Sidera austriaca periheliaca, Duaci 1627*, und **Johann Tarde**, Verfasser der *Sidera borbonia, falso maculae solis nuncupata, Parisiis 1620.*[1])

Späterhin, als ihm freilich die Beobachtungen von **Galilei** schon bekannt waren, kam er von seinem Irrthum zurück, und da erwarb er sich denn auch um die Sonnenflecke ein Verdienst, welches ihm unbedenklicher zugesprochen werden kann, als das der ersten Entdeckung derselben. Dieses Verdienst bestand darin, dass er die Flecke zuerst anhaltend beobachtete, und somit ihre Be-

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. I, 121.

wegungen und Eigenthümlichkeiten näher kennen lernte. In einer Reihe von Jahren stellte er mehr als 2000 Beobachtungen über sie an. Die Gesammtheit dieser Erfahrungen stellte er zusammen in einem Werke, welches den sonderbaren Titel führt: *Rosa Ursina sive sol ex admirando facularum et macularum suarum phaenomeno varius etc.* — Rosa ist ein symbolischer Name der Sonne, der er das Adjectiv Ursina beilegen zu müssen glaubte, weil er unterstützt vom Herzog Paul Jordan II. von Orsini Bracciano demselben sein Werk widmete. Es erschien 1630 zu Bracciano, soll aber schon 1626 angefangen sein, wie auf dem Titel steht.

Bei seinen ersten Beobachtungen hatte **Scheiner** kein anderes Mittel den blendenden Glanz der Sonne zu überwältigen, als dafs er sie durch leichtes Gewölk betrachtete. Späterhin verfiel er darauf, die Linsen seines Fernrohrs aus farbigem Glase zu konstruiren, und als auch dieses sich nicht praktisch erwies, setzte er dem Fernrohr aus farblosen Linsen geschliffene farbige Plangläser, anfangs blaue, vor. Ihm gebührt also die Ehre der ersten Anwendung der Blendgläser, welche schon 70 Jahre früher **Apian** im *Astronomicum caesareum, Ingolst. 1540* vorgeschlagen hatte, und deren Nichtgebrauch viel zu **Galilei's** Erblindung beitrug [1]).

In dem Werke Rosa Ursina beschreibt **Scheiner** auch das nach **Keppler's** Angabe aus zwei konvexen Linsen konstruirte astronomische Fernrohr, dessen erste Ausführung ihm ebenso gebührt als dessen erste Anwendung, denn er bediente sich desselben zu den meisten seiner Beobachtungen. **Scheiner** sagt in seinem Werke, er habe vor 13 Jahren dem Erzherzog Maximilian von Oesterreich, und bald hernach dem Kaiser selbst die Sonnenflecke mittelst eines solchen Fernrohrs gezeigt, danach würde die Ausführung des ersten astronomischen Fernrohrs in das J. 1613 oder 1617 zu setzen sein, je nachdem man von 1626 oder

---

[1]) v. Humboldt, Kosmos III, 383.

1630, den in der Rosa Ursina angegebenen Jahreszahlen ausgeht.

Scheiner wandte das astronomische Fernrohr auch in einer Weise an, die grade für Sonnenflecke sehr geeignet ist. Er zog nämlich ein solches Fernrohr etwas weiter aus, als zum deutlichen Sehen erforderlich war, richtete es in einem dunklen Zimmer mit dem Objektiv gegen die Sonne, und fing das hinter dem Okular entstehende Bild mit einer weißen Tafel oder mit einem Blatt geölten Papiers auf. Das so entstehende Bild ist zwar nicht so scharf als das direkt durch ein Fernrohr gesehene, gewährt aber den Vortheil, gleichzeitig von mehreren Personen beobachtet werden zu können. Eben auf solche Weise zeigte **Scheiner** die Sonnenflecke dem Erzherzog Max. Er belegte diese Vorrichtung mit dem Namen Helioskop, und die Befugniß dazu ist ihm wohl nicht abzusprechen, da er sie zuerst darstellte; aber es darf nicht vergessen werden, daß schon **Keppler** theoretisch die Konstruktion in seiner Dioptrik prop. 88 angab.[1])

87. Auf die Entdeckung der Sonnenflecke macht noch ein anderer Deutscher Anspruch, nämlich **Johann Fabricius**, Sohn des Pastors **David Fabricius** zu Osteel, Amt Aurich in Ostfriesland (geb. 1564, gest. 1615), eines verdienten Astronomen, der u. A. 1596 den veränderlichen Stern im Wallfisch entdeckte, den Kometen von 1607 und den neuen Stern im Fuß des Ophiuchus beobachtete, und 1610 die erste Karte von Ostfriesland herausgab. Sein Sohn **Johann** (geb. 1587) sah die Flecke, als er die Sonne durch ein holländisches Fernrohr betrachtete, anfangs ohne alle Blendung, nachdem er seine Augen allmählich an den Glanz gewöhnt hatte, später nachdem er die Sonnenstrahlen durch ein kleines Loch in ein dunkles Zimmer geleitet hatte. Er beschrieb seine Beobachtungen in einem Werk betitelt: *De maculis in sole observatis et apparente earum cum sole conversione narratio*, das zu Wittenberg 1611 erschien und

---

[1]) Wilde, Gesch. d. Optik I, 170.

zwar im Juni, zu einer Zeit, wo Galilei's Beobachtungen nicht füglich in Deutschland bekannt sein konnten. Den Tag der ersten Wahrnehmung der Flecken führt er zwar nicht an, man kann sie aber nach Angaben in seiner Schrift gegen das Ende des J. 1610 setzen[1]).

Ist auch jetzt nicht zu ermitteln, ob **Fabricius**, da er die Zeit seiner Entdeckung nicht angiebt, die Flecke früher sah als **Galilei**, der sie im Oktober 1610 zuerst beobachtete, so hat man doch auch keinen Grund, ihm sowohl wie **Scheiner** die Originalität derselben streitig zu machen. Anders verhält es sich mit **Harriot**, einem englischen Astronomen und Freunde **Keppler's**, der 1560 zu Oxford geboren und 1621 gestorben ist. Hr. v. **Zach**, der 1788 **Harriot's** Manuskripte durchzusehen Gelegenheit hatte, behauptet, derselbe habe am 8. Dec. 1610 die Flecke zuerst gesehen, und viele Beobachtungen seitdem darüber angestellt; allein er wufste nicht, dafs er Sonnenflecke vor sich habe, publicirte auch seine Beobachtungen nicht, und erkannte den wahren Sachverhalt erst im December des folgenden Jahres.

88. Was **Scheiner** wiederum anbelangt, so sind es nicht allein die Sonnenflecke, welche seinen Namen erhalten haben, auch andere dem engeren Kreis der Physik angehörige Beobachtungen bezeugen, dafs er kein gewöhnlicher Kopf gewesen ist. So ist er Verfasser eines für seine Zeit ausgezeichneten optischen Werkes: *Oculus, hoc est fundamentum opticum, Oeniponti 1619.* Es handelt, wie schon der Titel andeutet, vom Sehen, und enthält mehreres, was **Scheiner** alle Ehre macht. Es sind darin seine Versuche angegeben, um das Brechungsverhältnifs der verschiedenen Flüssigkeiten des Auges näher zu bestimmen. Er fand die Brechung der wässerigen Feuchtigeit des Auges gleich der des Wassers, die der Krystalllinse nahe der des Glases, und die der gläsernen Feuchtigkeit zwischen beiden.

---

[1]) v. Humboldt, Kosmos II, 360; Fischer, Gesch. d. Physik I, 116; Kästner, Gesch. d. Math. IV, 140.

Nächstdem suchte er den Gang der Lichtstrahlen durch das ganze Auge zu verfolgen, und kam dabei wie **Keppler** zu dem Schlufs, dafs die Netzhaut der Sitz des Sehens sei. Er bewies dieses und die Aehnlichkeit des Auges mit der Camera obscura durch einen sehr lehrreichen und entscheidenden Versuch. Er schnitt nämlich an einem Ochsenauge die hinteren Häute bis auf die Markhaut ab, und hielt es nun gegen das Licht. Da malte sich denn auf der durchscheinenden Netzhaut ein deutliches Bild von den Gegenständen ab, die vor dem Auge befindlich waren. Später 1625 wiederholte er diesen Versuch mit einem Menschenauge.

Von der Fähigkeit des Auges in verschiedenen Entfernungen deutlich zu sehen, gab er eine andere Erklärung als **Keppler**. Er nahm an, die Ajustirung erfolge dadurch, dafs die Gestalt der Krystalllinse sich ändere, nämlich konvexer werde für nahe, und konkaver (flacher) für ferne Gegenstände. Er machte dabei auch die richtige Beobachtung, dafs die Pupille sich bei Betrachtung naher Gegenstände verengere.

Er zeigte auch, dafs es keiner künstlichen Vorrichtung bedürfe, um sich von der Durchkreuzung der Lichtstrahlen in einer kleinen Oeffnung zu überzeugen. Man betrachte zu dem Ende eine Lichtflamme durch ein kleines Loch in einer Karte, und führe einen Messerrücken herab erst zwischen Karte und Auge, und dann zwischen Karte und Flamme; es verschwindet dann im ersten Fall der untere Theil der Flamme, im zweiten der obere Theil derselben zuerst.

Bei dieser Gelegenheit machte **Scheiner** auch die Beobachtung, dafs wenn man in dem Umfang der Gröfse der Pupille mehrere kleine Löher in ein Kartenblatt sticht, und nach einer Flamme sieht, man ebenso viel Bilder wahrnimmt als Löcher sind. **Scheiner** vermochte aber nicht, dieses Phänomen zu erklären, das gelang erst **Jakob de la Motte**[1]), Arzt in Danzig, und später **Musschenbroek**[2]). Die

[1]) Abhandl. d. naturforsch. Gesellsch. in Danzig 1754.
[2]) Introductio ad philosophiam nat. 1762.

Erscheinung tritt nur ein, wenn die Strahlen sich vor oder hinter der Netzhaut kreuzen; sie verschwindet für ein kurzsichtiges Auge, wenn man eine konkave Linse vorhält, für ein weitsichtiges durch eine konvexe [1]).

Aufserdem hat **Scheiner** sich noch bekannt gemacht durch die recht genaue und mit Messungen begleitete Beschreibung eines ausgezeichneten Falles von dem Phänomen der Nebensonnen, welches er am 20. März 1629 zu Rom beobachtete, daher man es auch wohl das römische Phänomen genannt hat. Es bestand aus zwei koncentrischen farbigen Kreisen um die Sonne, und einem sehr grofsen horizontalen farblosen Kreis durch die Sonne, nebst 4 Nebensonnen auf diesem und 2 andern über der Sonne auf den farbigen Ringen [2]) (s. §. 266).

Scheiner ist auch Erfinder des nützlichen Instruments zum Kopiren von Zeichnungen im verkleinerten oder auch vergröfserten Mafsstab, welches man Storchschnabel, Pantograph, Parallelogramme à reduction, genannt hat. Er machte diese Erfindung 1603, beschrieb sie aber erst 1630 in seiner Pantographia.

Alles dies legt ein hinreichendes Zeugnifs von dem Eifer und den Fähigkeiten **Scheiner's** ab, und wir wollen daher annehmen, dafs er weniger durch Ueberzeugung als durch sein Verhältnifs zur Kirche veranlafst ward gegen das kopernikanische System aufzutreten, wie er dies that in seiner Schrift: *Prodromus pro sole mobili et terra stabili contra Galileum de Galileis.* posth. 1651. [3])

---

[1]) Wilde, Gesch. der Optik I, 214.

[2]) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 137.

[3]) Montucla, Hist. des math. II, 300.

Dritter Zeitraum.

Erste oder italienische Periode.

Galilei.

89. Galileo Galilei ward geboren zu Pisa am 18. Februar 1564 (n. St.), und starb den 8. Januar 1642 auf der Villa Giojello bei Arcetri in Toskana.

Man hat es zuweilen als einen sonderbaren Umstand hervorgehoben, zuerst sein Biograph Paul Frisi in dem Elogio di Galilei, Milano 1777, dafs **Galilei** grade in dem Jahre starb, in welchem **Newton** geboren wurde. Allein dies ist nicht richtig. **Newton**'s Geburtstag wird zwar auf den 25. December 1642 gesetzt, dies ist aber nach altem Styl gerechnet. Nach dem heutigen gregorianischen Kalender, der 1582 in Italien eingeführt wurde, und auf den sich die Angabe von **Galilei**'s Tod bezieht, während derselbe in England erst 1752 angeordnet ward, würde **Newton** am 5. Januar 1643 geboren sein, also 100 Jahre nach **Kopernikus** Tod.

Galilei war der Sohn eines florentiner Edelmanns Vincenzo Galilei, eines mathematisch gebildeten Mannes, von dem wir auch ein Werk über die alte und neue Musik besitzen unter dem Titel: *Dialoghi della musica antica e nuova, Firenze 1582.* Die Familie führte früher den Namen **Bonajuto** und der Erste, welcher sich **Galilei** nannte war ein Arzt, welcher 1438 Medicin an der Università zu Florenz las.

Der Vater hatte viele Kinder aber wenig Vermögen, und daher bestimmte er unseren Galileo trotz seiner grofsen Anlagen zur Mechanik für ein bürgerliches Gewerbe, für den Tuchhandel. Er liefs ihn indefs die lateinische Schule besuchen, wo dieser bald so ungewöhnliche Fortschritte machte, dafs der Vater seinen anfänglichen Plan aufgab und beschlofs, den Sohn Medicin studiren zu lassen in der Hoffnung, derselbe werde als Arzt seine Geschwister ernähren können.

So bezog denn unser Galilei im J. 1582 in seiner Vaterstadt Pisa die Universität. Sehr bald wurde er hier durch seinen Genius auf die Bahn geleitet, auf welcher er für die Physik so Grofses leisten sollte. Es war nämlich schon im J. 1583, als ihm zufällige vom Luftzuge veranlafste Schwingungen der im Dom zu Pisa herabhängenden Kronenleuchter die erste Anregung gaben, über die Gesetze der Bewegung nachzudenken.

Er las den Aristoteles in der Ursprache, und schlug darin nach, um die Meinungen dieses Koryphäen der alten Naturforschung zu erfahren, fand aber zu seinem Erstaunen, dafs sie gar nicht mit seinen eigenen Ansichten stimmten, dafs sie vielmehr vieles enthielten, was er für grundunrichtig halten mufste. Dennoch wagte er noch nicht öffentlich gegen die aristotelische Lehre aufzutreten, da sie damals in Pisa sowohl als in ganz Italien wie ein Evangelium betrachtet wurde. Desto mehr disputirte er aber darüber mit seinen Studiengenossen, von denen er wegen seiner Neigung zu Streitreden den Beinamen des Zänkers bekam.

Nicht lange darauf erhielt er von Ricci den ersten Unterricht in der Mathematik, in welcher er es bald so weit brachte, dafs er auf Vorschlag des Marchese Guido Ubaldo del Monte zum Lehrer der Mathematik in Pisa ernannt wurde, und zwar im J. 1589, freilich nur mit 60 Thaler Gehalt. Von nun an trat er öffentlich als Gegner der aristotelischen Physik auf, und widerlegte namentlich die irrigen Lehrsätze derselben über den freien Fall der

Körper auf eine so schlagende Weise durch Versuche und Argumente, daſs er allgemeinen Beifall damit errang.

Allein diese glücklichen Angriffe auf eine bis dahin für unumstöſslich gehaltene Lehre zogen ihm auch viele Feinde und Verdrieſslichkeiten zu in dem Grade, daſs er sich zuletzt genöthigt sah sein Lehramt in Pisa aufzugeben. Glücklicherweise wurde dadurch seine wissenschaftliche Thätigkeit nicht unterdrückt, denn durch die Empfehlungen seines Gönners del Monte und des Venetianers Sagredo, den er in Florenz hatte kennen gelernt, bekam er nicht lange darauf, nämlich im J. 1592 das Lehramt der Mathematik an der venetianischen Universität Padua. Hier in seinem 27. Jahre vollendete er zum groſsen Theil die Entdeckungen, zu denen er in Pisa den Grund gelegt hatte, und überdies fanden seine Vorlesungen einen so zahlreichen und glänzenden Zuspruch, als sie sich nur in Pisa erfreut hatten. Unter Anderen zählte er den nachmaligen König Gustav Adolph von Schweden zu seinen Zuhörern.

90. Im Frühjahr 1609 machte **Galilei** eine Reise nach Venedig, und hörte dort von den kurz zuvor (1608) in Holland erfundenen Fernröhren, oder wie Andere wohl ohne hinlänglichen Grund behaupten, er sah daselbst ein dorthin gebrachtes holländisches Fernrohr. Dies war für ihn ein Sporn über die Vervollkommnung und Anwendung dieses damals mit Recht so sehr angestaunten Instrumentes ernstlich nachzudenken. Sogleich nach seiner Rückkehr nach Padua ging er an's Werk, und so rasch war der Erfolg seiner Bemühungen, daſs er schon im August desselben Jahres dem Senat von Venedig ein Fernrohr übersenden konnte, das mehr leistete als jenes, welches dieser aus Holland bekommen hatte. Der Senat belohnte dies Geschenk überaus freigebig; unter dem 25. August 1609 setzte er dem **Galilei** eine lebenslängliche Pension aus und das Dreifache seines Gehalts, welches er als Lehrer in Padua bezog.

Galilei hatte die Principien der Konstruktion der Fernröhre in nichts verbessert; er hatte das seinige ganz nach

dem Muster der holländischen angefertigt, d. h. aus einem konvexen Objektiv und einem konkaven Okular zusammengesetzt. Allein in der Ausführung war es vollkommener als die bis dahin konstruirten Fernröhre. Es gewährte eine 30malige Vergröfserung und gab die Bilder mit einem solchen Grad von Deutlichkeit, dafs es zu astronomischen Beobachtungen brauchbar war, was wenigstens von dem zuerst nach Italien gekommenen holländischen Fernrohr nicht gesagt werden konnte. Noch im J. 1637 bezeugt Konstantin Huyghens, der Vater des berühmten Christian Huyghens, in einem Briefe an Diodati, dafs man selbst bei dem ersten Erfinder der Fernröhre keins finde, mit dem man im Stande wäre die Jupitertrabanten zu beobachten.

Galilei säumte nicht sein Fernrohr gegen den Himmel zu richten, und sehr bald machte er damit Entdeckungen, die den Beweis ablegten, dafs der Senat von Venedig seine Freigebigkeit an keinen Unwürdigen verschwendet hatte. Schon im Januar 1610 gelang es ihm bis dahin ungesehene Weltkörper zu entdecken; es waren die Jupitertrabanten, drei davon sah er zuerst am 7. Januar 1610, den vierten am 13. desselben Monats. Er nannte diese Trabanten Sidera medicea zu Ehren des Hauses Medici, welches in seinem Vaterlande Toskana regierte.

Diese und ähnliche Beobachtungen über die Berge im Mond, zu deren Höhenmessung er ein einfaches Verfahren angab; über die Milchstrafse, an welcher er die schon längst gehegte Vermuthung, dafs ihr Schimmer der vereinte Glanz zahlreicher kleiner Sterne sei, thatsächlich nachwies; über Nebelsterne u. s. w. machte er bald darauf in einem Werke bekannt, welchem er den Titel gab *Nuncius sidereus* Venedig 1610, und welches er an mehrere Monarchen Europas sandte, wohl nicht ohne Absicht und ohne Hoffnung auf reiche Belohnung, die ihn auch wohl bewog den Namen Medici in die Gestirne zu versetzen.

Bei letzteren hatte **Galilei** sich in der That nicht verrechnet! Sei es nun in aufrichtiger Anerkennung der glänzenden Entdeckungen, oder aus Dankgefühl für die damals noch unerhörte Apotheose, genug, als Cosimo II., der schon

als Prinz den Unterricht von **Galilei** genossen hatte, im J. 1610 zur Regierung kam, war es eine seiner ersten Handlungen sich seines Lehrers zu erinnern, und ihn unter sehr vortheilhaften Bedingungen in sein Vaterland zurückzurufen. Er machte **Galilei** zum Mathematiker seines Hofes, und zum ersten Professor der Mathematik in Pisa mit dem sehr ansehnlichen Gehalt von 1000 Scudi, ja, was noch mehr ist, ohne ihn verbindlich zu machen in Pisa zu wohnen und sein Lehramt auszuüben, welches ihm 60 Vorlesungen im Jahr, jede von einer halben Stunde, auftrug. Im August 1610 trat **Galilei** diese so überaus vortheilhafte Stellung an.

Galilei wohnte nun meistentheils auf den Villen des Grofsherzogs, dem er sich auch als geistreicher Gesellschafter fast unentbehrlich machte, besonders aber verweilte er viel auf der Villa Alla Jelve seines Freundes Salviati, und dort machte er auch im Herbst 1610 wiederum sehr merkwürdige Entdeckungen am Himmel.

Im September 1610 entdeckte er die Lichtphasen der Venus und des Mars, sah ferner am Saturn eine Andeutung von dessen Ring, und machte endlich im Oktober 1610 die Entdeckung der Sonnenflecke, die später zu so vielen Streitigkeiten Anlafs geben sollten (s. § 86, 87); auch die Sonnenfackeln wurden von ihm zuerst beobachtet [1]).

Während diese Entdeckungen einerseits einen leicht begreiflichen Enthusiasmus erregten, wurden sie von Andern bezweifelt, von den Peripatetikern geläugnet und als teuflische Illusionen bezeichnet. **Jakob Christmann**, Prof. der Logik in Heidelberg, that noch 1612 in seinem *Nodus gordicus* den Ausspruch, dafs der Ruf von den vier neuen Sternen um den Jupiter schon gänzlich schwände, weil sie ein Augenbetrug wären, und der Pater **Clavius** (Schlüssel, Jesuit, starb 1612 zu Rom) sagte, um die Jupitertrabanten zu sehen, müsse man erst ein Instrument haben, das sie erschaffe.

---

[1]) Libri, Hist. des math. IV, 227.

Im März 1611 ging **Galilei** nach Rom, und machte den Fürsten **Cesi** mit seinen Entdeckungen bekannt. Fürst Cesi war ein die Wissenschaft liebender Mann, der aus eigenen Mitteln eine Akademie gegründet hatte, die den sonderbaren Namen Accademia dei Lyncei führte, d. h. Akademie der Luchse, in Anspielung auf das angeblich scharfe Gesicht des Luchses, welches die Akademiker sich vermuthlich in wissenschaftlichen Dingen zum Zielpunkt ihrer Wünsche gestellt hatten. **Galilei** ward Mitglied dieser Akademie, und sehr bald hatte er Gelegenheit seine Luchseigenschaft zu bethätigen, indem er im J. 1612, wenn nicht das Mikroskop erfand, doch ein solches Instrument zuerst in Italien verfertigte. Ein solches von ihm hergestelltes Instrument sandte er im J. 1612 an Sigismund König von Polen.

91. Unter den drei Briefen, welche **Galilei** an **Welser** schrieb (s. § 86), ist besonders merkwürdig der dritte. **Galilei** läfst sich darin über verschiedene astronomische Gegenstände aus, und nimmt das kopernikanische System in Schutz. Siebenzig Jahre waren damals verflossen, seit **Kopernikus** sein weltberühmtes Werk der Oeffentlichkeit übergeben hatte, und noch war es der Kirche nicht eingefallen, darin etwas Verfängliches zu erblicken. Einzelne Männer, wie z. B. **Tycho Brahe**, hatten zwar einige Gewissensskrupel bei der Bewegung der Erde empfunden, allein diese Bedenken blieben doch innerhalb des Kreises der Astronomen, und hatten weiter keine Folge. Erst nachdem **Galilei** das kopernikanische System in Schutz genommen hatte, begann der unwürdige Kampf gegen dasselbe.

Ein Dominikaner **Coccini** eröffnete den Angriff, indem er 1613 auf das Heftigste gegen die kopernikanische Lehre predigte, und dieselbe als ketzerisch bezeichnete. Ja seine Ordensgenossen gingen in ihrer Unwissenheit so weit, dafs sie behaupteten, **Galilei** sei der Verfasser dieses gefährlichen dem **Kopernikus** zugeschriebenen Werks. **Galilei** suchte die gegen ihn erhobenen Beschuldigungen in Briefen an verschiedene einflufsreiche Personen zu widerlegen, und

wirklich gelang es ihm auch, unter den Vorurtheilsfreien einige Vertheidiger zu finden. So z. B. erliefs der Karmelitermönch **Foscarini** 1615 einen Brief an seinen Ordensgeneral Fantoni, worin er nachwies, dafs sich die Lehren des **Kopernikus** ganz füglich mit den Dogmen der Kirche vereinbaren liefsen. Auch der Augustiner **Didacus a Stunica** von Salamanca, der schon 1584 in einem Kommentar zum Buche Hiob einen ähnlichen Versuch gemacht hatte, trat als Vertheidiger **Galilei**'s auf.

Allein diese Vertheidigungsversuche machten den römischen Hof erst recht eifersüchtig auf die kopernikanische Lehre, und da die Dominikaner fortfuhren, **Galilei** auf das Aeufserste anzugreifen, so hielt es dieser für gerathen, im J. 1615 nach Rom zu gehen, und sich dort persönlich beim Papst Paul V. zu rechtfertigen.

Galilei suchte in Rom eine vernünftige Denkfreiheit auszuwirken, und stellte dem Papst u. A. vor, dafs die Kirche ihr Ansehen aufs Spiel setze, wenn sie so ausgemachte Wahrheiten wie das kopernikanische System bestreite, oder gar unterdrücken wolle.

Der Papst hörte dies alles ganz gelassen an, und bezeugte auch **Galilei** seine persönliche Hochachtung, allein was die Entscheidung der Angelegenheit betraf, so gab er sie der sogenannten Kongregation des Index in die Hand. Diese Korporation fällte aber ein sehr ungünstiges Urtheil. Unter dem 20. Februar 1616 erliefs sie ein Dekret, worin alle Bücher verboten wurden, welche da behaupteten, die Bewegung der Erde sei nicht der heiligen Schrift zuwider, und dem Kardinal Gaëtano wurde der Auftrag gegeben, die Werke des **Kopernikus** und des **Didacus a Stunica** von allen Stellen zu reinigen, wo die Bewegung der Erde mit den Aussprüchen der Bibel verglichen wird.

Gradezu gegen **Galilei** wurde diesmal noch nichts verfügt; erst als derselbe anfing, seine Sache eifriger zu vertheidigen, und der Kardinal Orsini sich auch derselben hitzig annahm, da übergab der Papst die Entscheidung der heiligen Inquisition, welche denn auch nicht säumte,

Galilei's Meinung von der Bewegung der Erde für falsch und ketzerisch zu erklären. Dies geschah am 5. März 1616; merkwürdig genug zu einer Zeit, wo **Keppler** in Deutschland durch Auffindung seiner Gesetze die Wahrheit des kopernikanischen Systems auf's Unumstöfslichste bewiesen hatte.

Galilei hielt sich nun nicht mehr für sicher in Rom, er kehrte am 23. Mai nach Florenz zurück, und liefs fürs Erste alle Beschäftigung mit dem Himmel bei Seite. Von 1616 bis 1630 wurde er auch nicht weiter vom römischen Hofe beunruhigt. Er lebte während defs, besonders seitdem der Grofsherzog Cosimo II., sein Beschützer, 1621 gestorben war, in ländlicher Abgeschiedenheit auf seiner Villa bei Arcetri ungestört seinen Freunden und seiner Wissenschaft, nur häufig sehr an Kränklichkeit leidend.

In diesem Zeitraum, nämlich im J. 1617, erfand er seine Testiera, ein Fernrohr für beide Augen, welches er auch Celatone nannte, weil er es an eine Haube, Celata, befestigte. Es ist dies zwar keine Erfindung von Belang, und es gebührt ihm auch nicht einmal die Priorität derselben, allein als Zeichen seiner Thätigkeit verdient sie doch genannt zu werden.

92. Mit dem Jahr 1630 beginnt der zweite Akt des Dramas, welches für **Galilei** einen so unglücklichen Ausgang nehmen sollte. **Galilei** beabsichtigte ein Werk über das Weltsystem herauszugeben, zu welchem er schon 1610 in Padua den Grund gelegt hatte. Um sich sicher zu stellen, ging er selbst nach Rom, um es dort der Censur zu unterwerfen. Durch die frommen Betheuerungen in der Einleitung dieses Werks und durch die täuschenden Vorstellungen seines Freundes, des päpstlichen Sekretärs Ciampoli, gelang es wirklich, das Imprimatur von der Censurbehörde zu erhalten.

Galilei hätte es nun in Rom können drucken lassen, allein da noch einiges am Manuskript fehlte, so nahm er es mit nach Florenz zurück, um es dort zu vollenden. Im J. 1631 brach aber die Pest in Florenz aus, und da nun

das Manuskript nicht nach Rom geschickt werden durfte, so liefs er es 1632 in Florenz drucken, zwar nicht ohne Censur der florentiner Inquisition, die aber weit nachsichtiger war als die römische.

Dies Werk war eine Vergleichung des ptolemaeischen Systems mit dem kopernikanischen, eingekleidet in Form eines Gesprächs zwischen drei Personen **Sagredo**, **Salviati** und **Simplicio**, und wie zu erwarten war, zog dabei **Simplicio**, der Vertheidiger des **Ptolemaeus**, den Kürzern. Hatte bis dahin das Feuer unter der Asche geschlummert, so wurde es nun zu hellen Flammen angefacht; von allen Seiten wurde **Galilei** angegriffen und der Ketzerei beschuldigt. Am wüthendsten benahm sich ein gewisser **Chiaramonti** aus Cesena, Professor zu Pisa, dem sich **Galilei** durch satirische Recensionen seiner früheren Werke verfeindet hatte. **Chiaramonti** setzte eine förmliche Klageschrift auf, die er, damit sie sicher ihre Wirkung thue, dem Neffen des Papstes, dem Kardinal Barberini, widmete.

Leider ward der Zweck nur zu vollkommen erreicht. Die Geistlichkeit verfiel auf den Gedanken, mit den ehrfurchtsvollen Versicherungen in der Vorrede habe **Galilei** ihrer Unwissenheit spotten wollen, und einige behaupteten sogar, mit dem **Simplicio** sei Niemand anders gemeint als der leichtgläubige Papst, der in den Druck des Werks eingewilligt habe.

Papst **Urban VIII.**, der als Kardinal Maffeo Barberini ein persönlicher Freund von **Galilei** gewesen war, als solcher sogar die Entdeckung der mediceischen Sterne und der Sonnenflecke in Gedichten besungen hatte, ja noch im J. 1624, ein Jahr nach seiner Erhebung auf den päpstlichen Stuhl, **Galilei** freundschaftlich in Rom aufgenommen hatte, ward nun der erbittertste Gegner desselben. Durch eine aus lauter Feinden **Galilei's** zusammengesetzte Kongregation von Kardinälen, Theologen und Mathematikern, darunter auch **Chiaramonti**, liefs er **Galilei's** Werk streng untersuchen, und diese erklärte: Der Verfasser habe das vor 16 Jahren erlassene Verbot, das kopernikanische System

zu lehren, übertreten, das Buch sei das gefährlichste gegen Bibel und Religion, und der Autor müsse vor die Inquisition gezogen werden.

Demgemäfs erhielt Galilei im November 1632 die Weisung vor diesem Tribunal zu erscheinen. Vergebens verwandte sich der Grofsherzog Ferdinand II. für ihn, und schützte sein Alter und seine Kränklichkeit vor. Es blieb dabei; Galilei mufste am 20. Jan. 1633 die Reise nach Rom antreten. Er erlitt vor seiner Verurtheilung keine so harte Behandlung, wie man wohl angegeben findet, im Gegentheil behandelte man ihn auch jetzt noch mit Auszeichnung. Man liefs ihn zwei Monate bei dem grofsherzogl. Gesandten wohnen, darauf räumte man ihm meublirte Zimmer im Inquisitionspalast ein, und erlaubte ihm sogar in halbverschlossener Kutsche in den Gärten der Villa Medici herumzufahren.

Aber in der Hauptsache blieb man unerbittlich. Am 22. Juni forderte man ihn aufs Neue vor Gericht, um den Stab über ihn zu brechen. Man behielt ihn den ganzen Tag und die folgende Nacht in der Inquisition, und am andern Morgen führte man ihn in das Dominikanerkloster Alla Minerva vor eine Versammlung von Mitgliedern der Inquisition, die von ihm verlangte, dafs er, ein Siebenziger in blofsem Hemde stehend, die Lehre von der Bewegung der Erde abschwören und verfluchen sollte.

Bekanntlich war Galilei schwach genug, diesem entwürdigenden Ansinnen nachzugeben. Was ihn eigentlich dazu bewog, ist nicht recht bekannt, läfst sich auch wohl nicht mehr ermitteln, da ihm bei Strafe der Exkommunikation ein ewiges Stillschweigen über seine letzten Begegnisse im Inquisitionspalast geboten war. Es ist indefs nicht erwiesen, dafs man ihn die Tortur ausstehen liefs; vielleicht drohte man nur damit. Nach der Abschwörung wurde über Galilei das Urtheil gesprochen. Es verdammte ihn zur förmlichen Einkerkerung und legte ihm die Verpflichtung auf, drei Jahre lang wöchentlich einmal die sieben

Bufspsalmen zu beten. — Sein Werk wurde überdies streng verboten.[1])

Mit der Einkerkerung wurde es nun freilich nicht so ernstlich gemeint, im Gegentheil wurde diese bald in einen blofsen Hausarrest in der Villa Medici verwandelt, und selbst dieser ging einige Zeit hernach in eine Verweisung in den erzbischöflichen Palast zu Siena über. Etwas später erlaubte ihm der Papst sogar wieder auf seiner Villa zu leben, nur verbot er ihm musikalische und gelehrte Gesellschaften zu halten, oder grofse Mahlzeiten und andere Lustbarkeiten zu geben. Dabei blieb **Galilei** jedoch unter fortwährender polizeilicher Aufsicht der Inquisition, und erlitt unausgesetzt die schmählichsten Angriffe von den Mönchen, welche jede Schrift von ihm unterdrückten. Im December 1633 bezog **Galilei** der erhaltenen Vergünstigung gemäfs die Villa Bellosguardo bei Florenz, wo er von Seiten des Grofsherzogs und seiner Freunde sich der aufrichtigsten Theilnahme an seinem harten Schicksale zu erfreuen hatte.

Dies ist das Ende jener merkwürdigen Episode, die zwar immer noch glimpflich genug für **Galilei** ablief, nichts desto weniger aber doch einen unvertilgbaren Schandfleck in der Geschichte des römischen Stuhles bildet, und andererseits ein erhebendes Beispiel der grofsen Wahrheit aufstellt, dafs alle Waffen der Finsternifs das göttliche Licht der Vernunft nicht auszulöschen im Stande sind.

---

[1]) Gegen Anfang d. J. 1820 legte der Prof. der Astronomie an der Akademie della Sapienza zu Rom **Giuseppe Settele** die Handschrift seiner astronom. Vorlesungen der Behörde vor, und bat um Druckerlaubnifs. Man wies ihn ab, weil er die Bewegung der Erde um die Sonne vertheidigte. **Settele** liefs sich indefs nicht irre machen, und wandte sich an die Inquisition mit der Bitte, eine dem jetzigen Zustand der Wissenschaft angemessene Erklärung von sich zu geben. Diese entschied nun zwar, der Druck des Werkes solle gestattet werden, zugleich aber erhielt **Settele** den Befehl in einer Anmerkung der Wahrheit gemäfs hinzuzufügen, dafs die Verfolgung, welche **Galilei** erlitten, nicht sowohl seinem Systeme als der von ihm geführten ungebührlichen Sprache zuzuschreiben sei. *Settele, Elementi di ottica e di astronomia, Roma II, p. 130*; s. Conversat.-Lex. Aufl. 7, Artikel Astronomie.

Im November 1634 zog **Galilei** nach dem Monte Rivaldi im Kirchspiel Arcetri, in dessen Bezirk er bis an sein Lebensende wohnen blieb, fortwährend mit seinen Lieblingswissenschaften beschäftigt, wovon u. A. eine Theorie der Mechanik, die er 1634 herausgab, ein redendes Zeugniſs ablegt. Im J. 1637, als er schon auf einem Auge erblindet war, machte er seine letzte Entdeckung am Himmel; es war die Libration des Mondes, welche bekanntlich darin besteht, daſs uns der Mond nicht stets genau dieselbe Hälfte seiner Oberfläche zuwendet, sondern der sichtbare Theil sowohl in Richtung von Ost nach West wie auch von Nord nach Süd ein wenig schwankt, und uns dadurch mehr als grade die halbe Mondoberfläche bekannt wird.

Vom J. 1637 an bildete sich bei **Galilei** der Staar auf beiden Augen aus, und sowie dies Uebel zunahm, mehrten sich bei ihm auch andere Leiden: Melancholie, Schlaflosigkeit und Gliederschmerzen; das Gehör hatte er theilweise schon 1626 verloren, im J. 1640 war er endlich völlig taub und blind. Glücklicherweise überlebte er diesen mitleidenswerthen Zustand nicht lange, er verschied in den Armen seiner beiden Schüler **Torricelli** und **Viviani** am 8. Jan. 1642 auf der Villa Giojello bei Arcetri an der Wassersucht im 78. Jahre seines so thätigen Lebens. Sein Leichnam wurde in der Kirche Santa Croce beigesetzt, dem Pantheon, wo fast alle groſsen Männer Toskanas nebeneinander ruhen.

93. **Galilei** war nicht verheirathet, er hatte aber aus morganatischer Ehe mit einer Venetianerin **Marina Gamba** zwei Töchter und einen Sohn **Vincenzo**, welcher darum in der Geschichte der Physik bemerkenswerth ist, weil er den Vater in den letzten Jahren bei seinen Arbeiten unterstützte, und der Erbe von dessen Handschriften wurde, die später nicht das beste Schicksal hatten. Schon **Vincenzo**, der bald hier bald dort Stadtrichter in kleinen Provinzialstädten war, konnte nicht sonderlich auf die Erhaltung dieses literarischen Nachlasses Bedacht nehmen, doch zer-

störte er denselben auch nicht muthwillig. Allein ein Sohn desselben Cosimo glaubte es seinem Gewissen schuldig zu sein, die Manuskripte seines Groſsvaters zu vernichten. Einen Theil derselben verbrannte er auch wirklich, und wahrscheinlich würde der Rest dasselbe Schicksal gehabt haben, wenn sich nicht Viviani, ein späterer Schüler Galilei's, der noch übrigen Schriften angenommen hätte.

Viviani, Baumeister unter Ferdinand II., beabsichtigte die Manuskripte herauszugeben, allein der bald hernach erfolgende Tod Ferdinand's II., und der Regierungsantritt Cosimo's III., mit welchem über Toskana wiederum eine für die Wissenschaften sehr feindselige Epoche hereinbrach, machte es nicht rathsam mit der Herausgabe vorzugehen. Viviani vergrub daher die Manuskripte in dem Keller seines Hauses, und er starb darüber weg, ohne sein Vorhaben ausgeführt zu haben.

Erst 1739, also 87 Jahre nach Galilei's Tod, als das Haus bereits an den zweiten Besitzer übergegangen war, wurden die vergrabenen Schriften wieder entdeckt. Schon war ein Theil derselben an Trödler verkauft, als es dem Ritter Nelli noch gelang, sie an sich zu bringen. Ein anderer Theil gerieth in die Hände des Arztes Felici, dessen Sohn sie dem Giov. Targioni Tozzetti, Oberaufseher der magliabecchischen Bibliothek einhändigte, welcher letztere sie nun zu seinem Werk: *Notizie degli aggrandimenti delle scienze fisiche accaduti in Toscana etc., Firenze 1780* benutzte.

Gegenwärtig wird noch eine ansehnliche Sammlung von Manuskripten Galilei's in der groſsherzogl. Bibliothek aufbewahrt. Seine sämmtlichen Werke sind in immer vollständigeren Ausgaben erschienen: 1655 und 56 zu Bologna in 2 Vol. 4°; dann 1718 zu Florenz in 3 Vol. 4°; zu Padua 1744 in 4 Vol. 4°; zu Mailand 1811 in 13 Vol. 8° und 1842 bis 56 zu Florenz in 16 Vol. 8°, letztere Ausgabe giebt auch das Datum der Arbeiten, so weit es bekannt ist.

94. Die Thatsachen und Ansichten, mit denen Galilei die Wissenschaft bereichert hat, sind so verschiedenartig und zahlreich, daſs ich mich bei Auseinandersetzung der-

selben nothwendig auf eine Auswahl der wichtigeren beschränken mufs. Man kann sie der besseren Uebersicht wegen in zwei Hauptklassen theilen, in die optisch-astronomischen und in die mechanischen.

Die ersteren die optisch-astronomischen Entdeckungen haben Galilei unter seinen Zeitgenossen einen weit gröfseren Ruf verschafft als die letzteren, und selbst in späteren Zeiten hat man sie wohl als den wichtigeren Theil seiner Verdienste bezeichnet. Indefs ist dem wohl nicht so. So viel Ehre und äufseren Gewinn sie auch Galilei gebracht haben, und so wichtig sie auch in der That für die Wissenschaft gewesen sind, so ist doch nicht zu läugnen, dafs das persönliche Verdienst dabei nur gering war, dafs diese Entdeckungen, nachdem einmal die Fernröhre erfunden waren, nothwendig sehr bald gemacht werden mufsten, und dafs es um sie zu machen nicht des Scharfsinns eines Galilei bedurfte, wie denn in der That mehrere dieser Entdeckungen ebenso früh oder kurze Zeit hernach von Personen gemacht sind, die hinsichtlich ihrer Geistesfähigkeiten kaum einen Vergleich mit Galilei ertragen können. Man vergleiche das über die Jupitermonde § 83 und die Sonnenflecke § 86 und 87 Gesagte.

Ganz anders verhält es sich mit den Entdeckungen Galilei's im Gebiet der Mechanik. Diese setzen einen Scharfsinn, eine Kraft und Freiheit des Urtheils voraus, wie sie nur Wenigen gegeben ist. Wir, die wir nicht in der aristotelischen Physik grofsgezogen sind, können uns schwer recht lebendig vorstellen, wie viel Selbstständigkeit des Denkens und welche Erfindungskraft dazu gehörte, um ein solches durch Jahrhunderte geheiligtes Lehrgebäude als falsch zu erkennen, und ein richtiges an dessen Stelle zu setzen. Den einzigen Mafsstab dafür giebt uns die Zahl und das Talent der Männer, die bis zu Galilei's Zeiten in den Irrthümern befangen blieben, ja zum Theil noch nach Galilei darin verharrten.

Die Nachwelt hat, wie in so manchen Dingen, auch hier das richtige Urtheil gefällt, denn indem sie allgemein

in Galilei den Hauptbegründer der neueren Physik verehrt, geschieht dies nicht wegen seiner optischen und astronomischen Leistungen, sondern wegen seiner Verdienste um die Mechanik, um die Lehre vom Gleichgewicht und von der Bewegung, weil diese Lehre als die Basis der wissenschaftlichen Physik angesehen werden muſs.

95. Galilei's Verdienste um die Mechanik. Ich habe bereits früher erwähnt, daſs man zu Galilei's Zeiten in Betreff der Mechanik und ihrer Grundsätze ganz allein auf die Questiones mechanicae des Aristoteles beschränkt war, und daſs man gegen dies älteste Werk, welches wir in der Bewegungslehre besitzen, eine wahrhaft abgöttische Verehrung hegte in dem Maſse, daſs man lieber seine Vernunft gefangen gab, als von den darin vorgetragenen Lehrsätzen abzuweichen wagte.

So hatte man damals noch keine Vorstellung davon, daſs jede Bewegung, die durch eine einzige Kraft hervorgebracht worden, gradlinig ist, daſs diese Bewegung in einerlei Richtung und mit einerlei Geschwindigkeit beharre, bis eine neue Kraft dieselbe ändert. Wenn man bei der gradlinigen Bewegung Körper zur Ruhe kommen sah, so schrieb man dies nicht fremden Kräften oder widerstehenden Mitteln zu, sondern man nahm an, die bewegende Kraft erlösche, etwa so wie die Wärme aus einem Körper entweicht, welcher von einem kalten Medium umgeben ist. Die kreisrunde Bewegung hielt man mit Aristoteles für die vollkommenste, und sah sie allein als unveränderlich an.

Im Allgemeinen theilte man die Bewegungen in natürliche und gewaltsame. Zu den natürlichen rechnete man die Bewegung der Planeten, welchen Aristoteles kreisförmige Bahnen zuschrieb, und die gradlinige Bewegung fallender Körper. Von dieser gradlinigen statuirte man wieder zwei Gattungen; eine, welche aus einem gewissen Appetitus zum Centrum des Universums erfolgen sollte, und eine andere, die man aus einer Abneigung gegen dieses Centrum hervorgehen lieſs. Dies führte denn dahin, zwei entgegengesetzte Klassen von Körpern anzunehmen, schwere

und leichte. Zu den gewaltsamen Bewegungen rechnete man z. B. die Bewegung eines geworfenen Steins. Man nahm von diesen gewaltsamen Bewegungen an, sie seien den Qualitäten der Körper so zuwider, daſs sie nur so lange Bestand hätten, als die Kräfte wirkten. Daher denn auch die Eintheilung der Bahn eines geworfenen Körpers in die gewaltsame, gemischte und natürliche.

Wie sehr diese Ansichten verschieden sind von unsern jetzigen offenbar richtigen, mag daraus erhellen, daſs wir nach diesen annehmen, ein geworfener Körper, vorausgesetzt, daſs Schwere und Widerstand der Luft nicht auf ihn einwirken, erleide keine Kraft von dem Augenblick an, wo er den Wurfapparat verläſst, und er setze seine Bewegung bloſs fort in Folge der Trägheit oder des Unvermögens seinen Zustand zu ändern. Wir nehmen dies überhaupt von jeder gradlinigen und gleichförmigen Bewegung an.

Wenn ein Körper sich in grader Linie und mit stets gleicher Geschwindigkeit bewegt, so nehmen wir an, es habe wohl einmal eine Kraft auf ihn gewirkt, welche die Ursache seiner Bewegung ist, aber während er in dieser Bewegung beharrt, wirkt keine Kraft auf ihn, vielmehr beharrt er in dieser Bewegung bloſs wegen des Unvermögens seinen Zustand zu ändern d. h. vermöge der Trägheit. Diese Annahme, welche ein Grundsatz der heutigen Mechanik ist, ist andererseits eine nothwendige Folge unseres Begriffs von Kraft.

Wir nennen Kraft dasjenige, was den Zustand der Körper ändert. In einer gradlinigen und gleichförmigen Bewegung giebt es aber nichts, was sich ändert, ebenso wenig wie bei der Ruhe, also bedarf es zur Unterhaltung dieser Bewegung keiner Kraft, so wenig wie zur Unterhaltung der Ruhe. Dies ist unsere heutige Definition.

Ganz anders waren aber in jenen Zeiten die Begriffe. Nach diesen war zu einer gradlinigen gleichförmigen Bewegung durchaus eine stete Wirkung der bewegenden Kraft erforderlich; ohne diese stete Wirkung der Kraft würde der Körper nach damaligen Begriffen sogleich zur Ruhe

gelangen. Eine solche stete Einwirkung der Kraft nahm man überdies auch bei den natürlichen Bewegungen an, nur lehrte man zugleich, bei diesen Bewegungen verzehrten die Kräfte sich nicht so wie bei den gewaltsamen. Da man nun schon die gleichförmige gradlinige Bewegung durch eine stete Einwirkung der Kraft erklärt hatte, so bedurfte man zu der beschleunigten Bewegung z. B. bei der eines fallenden Körpers noch besonderer Kräfte.

Wenn man einen Aristoteliker fragte, warum ein fallender Körper seine Geschwindigkeit immer vergröſsert, je länger er falle, so war die Antwort, weil er von der Luft, die ihm folgt, fortwährend in jedem Augenblick einen neuen Antrieb zur Bewegung bekomme. Die Luft war also den Alten ein Mittel zur Beschleunigung der Bewegung, während wir gegenwärtig wissen, daſs sie durch ihren Widerstand die Bewegung der Körper hemmt. Im luftleeren Raum würden nach den Lehrsätzen der Aristoteliker die Körper mit gleichförmiger Geschwindigkeit fallen, d. h. in gleichen Zeiten gleiche Räume durchlaufen, während uns durch Theorie und Erfahrung bekannt ist, daſs sie dort erst recht mit der beschleunigten Geschwindigkeit fallen, welche ihnen durch die Schwerkraft eingeprägt wird.

Ebenso unklar oder unwissend war man in Betreff der Begriffe von Masse, Schwere und Gewicht. Eine Folge hiervon war, daſs man glaubte, ein Körper, der z. B. achtmal mehr wiege als ein anderer, falle auch achtmal schneller als dieser.

Nicht minder verworren waren die Vorstellungen über die Erscheinungen bei Flüssigkeiten. Daſs feste Körper beim Schwimmen auf Flüssigkeiten an Gewicht verlieren, und zwar soviel, als das Gewicht des verdrängten Wassers beträgt, wuſste man seit Archimedes. Daſs aber dieser Gewichtsverlust bei schwimmenden Körpern aus dem Druck entspringe, den die aus der Stelle gedrängte Flüssigkeit von unten nach oben ausübt, sah man nicht ein, weil Ari-

stoteles lehrte: Flüssigkeiten gravitiren nicht an ihrem natürlichen Ort.

Vom Luftdruck hatte man noch gar keine Idee, was um so merkwürdiger ist, als Mehrere und selbst **Aristoteles** der Luft ein Gewicht zuschrieben, und dieser sogar auf den Einfall gerieth, sie zu wägen. Wenn man daher Wasser in Pumpen oder durch Saugen in Röhren emporsteigen sah, so schrieb man dies mit **Aristoteles** dem Horror vacui, dem Abscheu der Natur vor dem leeren Raume zu.

96. Von diesen und andern Irrthümern, welche neben etlichen richtigen Ansichten, deren ich in der Folge noch gedenken werde, in den mechanischen Fragen von **Aristoteles** vorgetragen werden, konnte sich selbst ein Mann nicht losreifsen, der sonst viel helle Einsichten besafs, und in anderen Dingen als ein entschiedener Gegner der blofs philosophirenden Naturforschung der aristotelischen Schule auftrat, nämlich Lord **Baco.** Dies erhellt unter Anderem aus den Fragen, die er den Physikern in seinem Werke *Novum Organon, Lond. 1620* vorlegt. Er meint, man solle untersuchen, welche Körper durch die Schwere bewegt würden, welche durch die Leichtigkeit und welche weder durch Schwere noch durch Leichtigkeit? Welches die Gränzen der Leichtigkeit seien? Ob die Luft zu den schweren oder leichten Körpern gehöre?

Noch mehr geht **Baco's** völlige Unkenntnifs aller mechanischen Grundsätze hervor aus den vielen Arten von Bewegungen, die er für nöthig hält, zu unterscheiden. Er nimmt nicht weniger als 19 verschiedene Arten davon an, und darunter figurirt auch eine Bewegung aus Abscheu vor Bewegung! Und doch gehörte Lord **Baco** zu den aufgeklärtesten Männern seiner Zeit, der sich namentlich dadurch, dafs er seinen Zeitgenossen die Richtigkeit und Unentbehrlichkeit des Experiments in der gesammten Naturforschung einleuchtend zu machen suchte, gewifs schon ein bleibendes Denkmal gestiftet hat, ja dem einige, besonders englische, Historiker als einen der vorzüglichsten Wiederhersteller der Naturlehre betrachten.

Dieser **Francis Baco** war der jüngste Sohn von Sir Nikolaus Baco, geb. zu Yorkhouse in London am 22. Januar 1561 und auf der Universität Cambridge für die juristische Laufbahn gebildet. Seine glänzende Persönlichkeit, die ihm schon im 28. Jahr die Stellung eines aufserordentlichen Raths bei der Königin Elisabeth verschaffte, führte ihn schnell von einer Staffel des Ruhmes zur andern, bis am Ende im J. 1619 zu der höchsten Würde, die neben dem Königsthron in England zu erklimmen ist, zur Würde des Lordgrofskanzlers von England, welche ihm zugleich den Titel Baron von Verulam erwarb, zu dem ein Jahr darauf noch der Viscount von St. Alban hinzukam.

Diese hohe Würde bekleidete er aber nicht lange. Schon 1621 ward er vom Parlament angeklagt, Aemter und Privilegien unter dem Staatssiegel für Geld verliehen zu haben. Er konnte diese mehr aus Schwäche denn aus Habsucht begangenen Verbrechen nicht läugnen, er wurde daher seiner Würden entsetzt, für unfähig zur Bekleidung irgend eines öffentlichen Amtes erklärt, überdies zur Zahlung von 40000 Lstrl. und zu lebenslänglicher Einkerkerung in den Tower verurtheilt. Die Einkerkerung wurde freilich nicht lange hernach durch die Gnade seines Gönners, des Königs Jakob I., aufgehoben, ja dieser setzte ihm sogar eine Pension von 1800 Lstrl. aus, allein seine Würden erlangte er doch nicht wieder, und der Gram über seinen Sturz liefs ihn denselben nicht lange überleben. Er starb am 9. April 1626 zu Highgate.

Baco's Hauptwerk führt den Titel *Novum Organon scientiarum* und erschien 1620, ein Jahr vor dem Fall des Verfassers. Es hat **Baco** unter seinen Zeitgenossen einen und mit Recht verdienten grofsen Ruf, sowie auf seinem Grabe die Inschrift *Lumen scientiarum* erworben, kann ihm aber doch keinen Anspruch gewähren auf den Titel eines Begründers der neueren Physik. **Baco** selbst hat den Weg des Experiments nicht betreten, wenigstens nicht mit Erfolg. Er empfahl ihn nur seinen Zeitgenossen und wirkte dadurch

allerdings wohlthätig, besonders auf seine Landsleute, allein er empfahl diesen Weg zu einer Zeit, als **Galilei** längst die Schranken der aristotelischen Physik durchbrochen hatte. Uebrigens kannte **Baco** ein Jahr vor dem Erscheinen des Novum Organon die bis dahin publicirten und nicht publicirten Werke **Galilei's**.[1])

97. Um nach dieser Diskussion auf **Galilei** zurückzukommen, so war der erste Angriff desselben auf die aristotelische Mechanik gegen den Satz gerichtet, dafs sich die Geschwindigkeit fallender Körper wie deren Gewicht verhalte, dafs also ein Körper, der n mal mehr wiegt als ein anderer, auch n mal schneller falle als dieser. Auf die Unrichtigkeit dieses Satzes, sagt man, wurde **Galilei** zuerst durch zufällige Beobachtungen an den schwingenden Kronleuchtern im Dom zu Pisa geleitet. Er beobachtete nämlich, dafs grofse und kleine Kronleuchter, sobald sie nur an Ketten von gleicher Länge hingen, ihre Schwingungen in gleicher Zeit vollbrachten. Aus dieser Erscheinung zog **Galilei** den Schlufs, dafs Körper von grofsem und kleinem Gewicht gleich schnell fallen, oder das Gewicht der Körper keinen Einflufs auf die Fallgeschwindigkeit habe.

Dieser judiciöse Schlufs des damals 19jährigen Jünglings ist kein geringer Zug seines Genies, denn Tausende giebt es noch heute, die Pendel schwingen sehen, ohne dabei zur Einsicht zu gelangen, dafs das Schwingen ein Fallen ist, und das mufste sich **Galilei** vorweg klar gemacht haben, ehe er aus der gleichen Dauer der Schwingungen grofser und kleiner Massen den Schlufs auf die Fehlerhaftigkeit des erwähnten aristotelischen Princips machen konnte.

Galilei hätte hierbei stehen bleiben können, denn dieser Satz war durch die gleiche Dauer jener Schwingungen vollkommen widerlegt. Allein er begnügte sich nicht dabei, sondern bemühte sich, die Unrichtigkeit desselben auf

---

[1]) Libri, Hist. des math. IV, 160. 466.

direktere Weise darzuthun, theils durch Vernunftschlüsse, theils durch Versuche. Seine Schlüsse sind einfach und sinnreich. Er sagt: man denke sich die Masse, die fallen soll, in eine beliebige Anzahl gleicher Theile getheilt. Jeder Theil wird offenbar gleichzeitig mit den übrigen den Boden erreichen, und alle werden ihre Lage gegen einander behalten. Wenn sie aber während des Falles ihre Lage zu einander behalten, was sollte sich ändern, wenn alle Theile zu einem Ganzen vereinigt wären. Offenbar nichts! und folglich mufs eine grofse Masse ebenso schnell fallen wie eine kleine.

Es ist dies einer der einfachsten und überzeugendsten Beweise, den man von dem in Rede stehenden Satz geben kann; gelehrter und allgemeiner ist allerdings der Beweis, welcher sich aus dem Begriff der Masse und deren Verhältnifs zu den Kräften ergiebt.

Die Versuche Galilei's zur Bestätigung des Satzes vom gleichen Falle grofser und kleiner Körper waren zweierlei Art. Einmal liefs er von dem schiefen Thurm in Pisa Kugeln von verschiedenem Gewicht herabfallen, und dabei fand er, dafs sie alle gleichzeitig den Boden erreichten, sobald sie nur nicht zu sehr im specifischen Gewicht verschieden waren, und kein zu geringes specifisches Gewicht besafsen, damit der Widerstand der Luft nicht bedeutend einwirken konnte. Späterhin stellte Galilei in Padua auch Versuche mit Pendeln von verschiedenen Gewichten an, sowie mit Massen von verschiedenem Gewicht, die er auf einer schiefen Ebene herabrollen liefs. Es waren dies nur Verfeinerungen der ursprünglich an den Kronleuchtern in Pisa gemachten Beobachtungen.

Ebenso fehlerhaft, wie in Betreff des Einflusses des Gewichts auf den freien Fall der Körper, waren die Vorstellungen über die Beschleunigung bei diesem Fall. Dafs ein Körper mit beschleunigter Geschwindigkeit falle, konnte natürlich nicht unbekannt sein, aber nach welchem Gesetz die Geschwindigkeit während des Falles zunehme, darüber hatte man zu Galilei's Zeiten ebenso verkehrte Ideen wie über die Ursache dieser Beschleunigung.

Im Allgemeinen war man zu **Galilei's** Zeit der Meinung, daſs wenn v und v' die Geschwindigkeiten, s und s' die zurückgelegten Wege zweier fallenden Körper bedeuten, sich verhalten

$$v : v' = s : s'.$$

Diese Meinung scheint auf den ersten Blick ganz natürlich zu sein, und auch **Galilei** war ihr anfänglich zugethan. Allein bald erkannte er, daſs sie falsch sei, ja daſs sie sogar einen Unsinn einschlieſse. Man kann dies heutigen Tags sehr leicht nachweisen, denn **Galilei's** Beweis war nicht so einfach. Es ist nämlich allgemein, wenn noch t die Zeit bezeichnet: $ds = v dt$.

Ist nun $v = cs$, so ist $ds = cs dt$,

daraus $\frac{ds}{s} = c dt$, mithin log nat. $s = ct$;

aber für $s = o$ wird $t = \infty$,

also ist, um den Raum o zu durchlaufen, die Zeit unendlich groſs, und es kommt in der Voraussetzung $v = cs$ gar keine Bewegung zu Stande, es bleibt auch die Geschwindigkeit $= o$.

Andere Physiker des XVI. Jahrhunderts hatten noch irrigere Meinungen, und stellten noch komplicirtere Gesetze auf. Es sollten sich nämlich die Fallräume für gleiche Zeiten verhalten wie die Segmente des goldenen Schnitts, also $s : s' = s' : (s + s')$.

98. Nach längerem Nachdenken darüber, welches Gesetz wohl den freien Fall der Körper reguliren möchte, kam **Galilei** auf die Hypothese, daſs nicht

$v : v' = s : s'$, sondern
$v : v' = t : t'$ sei.

Die Schlüsse, durch welche **Galilei** auf diesen Satz gerieth, zeigen uns wieder den Mann von Talent, denn ehe er zu diesem Satz gelangen konnte, muſste er sich klar gemacht haben, wie überhaupt ein Körper in seinem Falle beschleunigt werden könne.

Wie ich bereits erwähnt habe, glaubten die Aristoteliker, daſs für die Unterhaltung einer gleichförmigen Be-

wegung schon eine stete Einwirkung der Kraft nöthig sei, und um die ungleichförmige, die beschleunigte Bewegung zu erklären, waren sie daher gezwungen, eine Hülfskraft hinzutreten zu lassen. Eine solche Hülfskraft glaubten sie in der Luft gefunden zu haben. Sie nahmen an, hinter dem fallenden Körper entstehe ein Vakuum, und indem die Luft rasch in dasselbe eindringe, ertheile sie dem fallenden Körper in jedem Augenblick einen neuen Impuls zur Bewegung.

Galilei sah richtig ein, dafs die Luft mit dem Fall der Körper unmittelbar nichts zu schaffen habe, sondern dafs sie nur ein äufseres, störendes Mittel für denselben sei. Er hatte zuerst den richtigen Gedanken, dafs eine beschleunigte Bewegung ganz allein durch eine stete Einwirkung der bewegenden Kraft erfolgen müsse, also der beschleunigte Fall der Körper ganz allein durch eine stete Einwirkung der Schwerkraft. Und mit dieser Einsicht von der beschleunigten Bewegung war denn auch die Erklärung von der gleichförmigen Bewegung gegeben. Galilei war der erste, welcher einsah, dafs zur Unterhaltung, zur Fortsetzung einer gleichförmigen Bewegung keine Kraft erforderlich sei.

Nach dieser Ansicht von der Ursache der beschleunigten Bewegung gelangte Galilei nun leicht zu dem Satz, dafs sich die Geschwindigkeiten wie die Zeiten verhalten:

$$v : v' = t : t'.$$

Er dachte sich nämlich, der fallende Körper erhalte in jedem Zeitpunkt seines Falles einen neuen Antrieb von der Schwerkraft, einen neuen Anwuchs von Geschwindigkeit, und zwar einen ebenso grofsen wie der, welchen er bereits im ersten Momente seines Falles erhalten hatte, und dafs sich dann dieser Anwuchs zu der Geschwindigkeit addire, welche der Körper bereits besitze. Gewifs ist dies die einfachste natürlichste Hypothese, die man machen kann, und sie wird auch vollkommen von der Erfahrung bestätigt. Aber der Satz bedarf auch der Bestätigung von Seiten der Erfahrung, ohne sie wäre er in der That nichts

als eine Hypothese, er gehört keineswegs zu denen, deren Richtigkeit sich a priori einsehen läfst. Er ist ein reiner Erfahrungssatz wie die meisten oder eigentlich alle physikalischen Gesetze.

Der Satz, dafs ein fallender Körper während seines Falles in jedem Zeitpunkt einen ebenso grofsen Zuwachs an Geschwindigkeit bekommt, als er im ersten Moment seiner Bewegung erhielt, setzt voraus, dafs der Geschwindigkeitsgrad, den der fallende Körper bereits besitzt, die Einwirkung der Schwerkraft auf den Körper nicht abändert. Ob nun aber diese Voraussetzung richtig sei oder nicht, läfst sich a priori nicht entscheiden. Wir sehen sogar in vielen Fällen das Gegentheil eintreten, z. B. überall da, wo ein Körper seine Bewegung durch einen anderen bereits bewegten Körper empfängt.

Eine Kugel A die hinter einer anderen B herfliegt, ertheilt dieser einen um so gröfseren Stofs und folglich eine um so schnellere Bewegung, je kleiner die Geschwindigkeit ist, welche diese bereits besafs. Ebenso wirkt der Wind auf die Flügel einer Windmühle oder die Segel eines Schiffs desto weniger ein, je gröfser die Schnelligkeit ist, welche die Flügel oder Segel schon besitzen. Ganz ebenso verhält es sich mit der Wirkung des Wassers auf die Schaufeln eines Mühlrades.

Dafs es sich nun bei den Bewegungen, welche Körper durch in distans wirkende Kräfte, namentlich durch die Schwerkraft, ganz anders verhält, dafs bei diesen die Einwirkung auf die Körper nicht von der Geschwindigkeit, welche diese bereits besitzen, abgeändert wird, davon läfst sich die Nothwendigkeit nicht a priori einsehen; wir müssen daher zur Erfahrung greifen, um uns von der Wahrheit des in Rede stehenden Satzes zu überzeugen. Dasselbe fühlte auch Galilei, und daher hielt er seinen Satz auch nicht eher für richtig, als bis er ihn durch Versuche bewährt gefunden hatte.

Der Satz: die Geschwindigkeiten sind proportional den Fallzeiten ($v : v' = t : t'$), läfst sich aber direkt nicht

durch die Erfahrung nachweisen, weil es unmöglich ist die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers in jedem Zeitpunkt zu messen, allein indirekt kann es geschehen, indem aus diesem Satz ein anderer abgeleitet werden kann, der einer unmittelbaren Bestätigung durch die Erfahrung fähig ist, nämlich der Satz, dafs die Fallräume wie die Quadrate der Zeiten sich verhalten:

$$s : s' = t^2 : t'^2.$$

Galilei leitete diesen zweiten Satz auf eine sehr einfache und anschauliche Weise aus dem ersten ab. Es stelle ac (Fig. 4) eine beliebige Fallzeit und ab irgend einen Theil in derselben vor, ferner seien durch die in b und c errichteten Senkrechten bb' und cc' die Geschwindigkeiten in diesen Punkten bezeichnet; dann wird, da sich die Geschwindigkeiten wie die entsprechenden Fallzeiten, d. h. $bb' : cc' = ab : ac$ verhalten sollen, der Endpunkt b' in der Linie ac' liegen müssen, und dasselbe gilt von jeder auf ac errichteten Senkrechten, welche die Geschwindigkeit in ihrem Fufspunkt darstellt. Da nun in jedem Punkt von ab und ac eine solche Senkrechte anzunehmen ist, so wird die Summe aller Senkrechten die Dreiecke abb' und acc' geben, und wir erhalten $\Delta abb' = \frac{1}{2} bb' . ab = \frac{1}{2} vt$ und $\Delta acc' = \frac{1}{2} cc' . ac = \frac{1}{2} v't'$, wenn unter v, v' wieder Geschwindigkeiten und unter t, t' Fallzeiten verstanden werden. Allein die Dreiecke repräsentiren als die Summe aller nach einander eingetretenen Geschwindigkeiten die vom fallenden Körper durchlaufenen Wege s und s', so dafs man schliefslich erhält:

Fig. 4.

$$abb' : acc' = s : s' = \frac{1}{2} vt : \frac{1}{2} v't' = t^2 : t'^2$$

wenn man statt $v : v'$ das gleiche Verhältnifs $t : t'$ setzt.

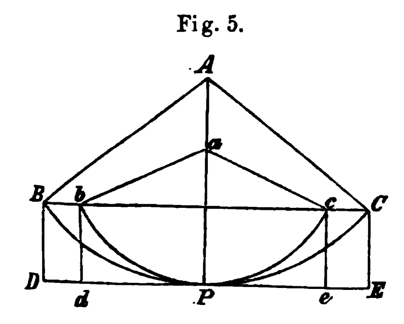
99. Der Satz $s : s' = t^2 : t'^2$ könnte durch den freien Fall eines Körpers erwiesen werden; man brauchte dazu nur einen Körper von bedeutendem specifischen Gewicht aus einer beträchtlichen Höhe herabfallen zu lassen, und die Fallräume nebst den dazu gehörigen Fallzeiten genau

zu messen. Allein die Geschwindigkeit fallender Körper ist auf unserer Erde sehr groſs, so groſs, daſs wenn ein richtiges Resultat erlangt werden soll, eine groſse Genauigkeit bei der Messung angewandt werden muſs; eine Genauigkeit, wie sie nur sehr schwer zu erreichen ist, und namentlich mit den Mitteln, die **Galilei** und seiner Zeit zu Gebote standen, ganz unerreichbar sein muſste.

Allein **Galilei** wuſste sich zu helfen und auf eine Art, die ebenso ehrenvoll für ihn als lehrreich für Andere ist. Er suchte nämlich nach einem Mittel die Fallgeschwindigkeit der Körper zu verlangsamen, und ein solches fand er nach einigem Nachdenken in der Anwendung der schiefen Ebene. Ehe er aber davon Gebrauch machen konnte, muſste er untersuchen wie eine solche Ebene den freien Fall der Körper abändere.

Dies that er mittelst des Pendels. Er hing eine Bleikugel an einem Faden AP (Fig. 5) auf und lenkte sie bis B ab; losgelassen schwang sie nun durch den Bogen BP und stieg auf der andern Seite zu einer Höhe CE auf, die der, von welcher sie herabgefallen war, d. h. BD gleichkam. Nun verkürzte er den Faden bis a und lenkte die Kugel ab bis b, so daſs $bd = BD$; lieſs er sie jetzt los, so beschrieb sie den Bogen bP und stieg auf der anderen Seite bis c. Aber die Höhe ce war $= bd = BD = CE$. Hieraus schloſs **Galilei**, die Kugel müsse in beiden Fällen in P eine gleiche Geschwindigkeit erlangt haben, weil sie sonst nicht hätte bis zu der gleichen Höhe $ce = CE$ ansteigen können. Er schloſs dann ferner, es sei sehr wahrscheinlich, daſs dasselbe auch statt fände, wenn die Bogen BP, bP in grade Linien übergingen, d. h. daſs die Körper beim Herabfallen auf verschiedenen schiefen Ebenen in einerlei Horizontalebene auch einerlei Geschwindigkeit

Fig. 5.



hätten, nämlich dieselbe, die sie in dieser Horizontalebene auch durch den senkrechten Fall erlangt haben würden.

Dieser Schlufs galt offenbar nicht blofs für eine Horizontalebene *DE*, sondern auch für jede andere, welche durch die schiefen Ebenen gelegt wird. Wenn aber für jede dieser Horizontalebenen die Geschwindigkeit beim Fallen auf den schiefen Ebenen ebenso grofs ist, als beim senkrechten Fall, so mufs nach dem Satz: $s = \frac{1}{2} vt$ die Fallzeit in dem Mafse zunehmen, als die schiefe Ebene sich mehr gegen den Horizont neigt, weil sie in demselben Mafse an Länge zunimmt. Kurz, **Galilei** kam durch diese Schlufsfolgerung zu dem Resultat, dafs der Fall eines Körpers auf einer schiefen Ebene ganz nach dem Gesetz des freien Falls geschehe, also dafs auch hier

$$s : s' = t^2 : t'^2,$$

nur mit dem Unterschied, dafs die Zeiten gröfser sind als für gleiche Fallhöhen beim senkrechten Fall.

Nachdem **Galilei** dies Resultat gefunden, ging er ans Experiment. Er liefs eine 12 Ellen lange Latte auf der einen Seite mit einer Rinne versehen und stellte sie in geneigter Lage hin, so dafs die Höhe an dem erhobenen Ende $\frac{1}{12}$ von der Länge der ganzen Ebene betrug. Eine in der Rinne herabrollende Kugel mufste also einen 12mal längeren Weg durchlaufen als sie beim freien Fall durchlaufen haben würde, um dieselbe Geschwindigkeit zu erlangen, oder anders gesagt, die Bewegung war 12mal verlangsamt.

Die herabrollende Kugel war von Messing und polirt, und die Rinne, um sie recht glatt zu haben, mit Pergament ausgelegt. Zur Messung des Weges auf der schiefen Ebene war die Rinne mit einer Skala versehn, und in Ermangelung einer Uhr wurde die Zeit durch die Gewichtsmenge von Wasser gemessen, die aus einem weiten Gefäfs durch eine enge Oeffnung abflofs. Mittelst dieses ganz zweckmäfsigen, obwohl nicht grade die letzte Genauigkeit verbürgenden Apparats, fand nun **Galilei** durch wiederholte

Messungen wirklich das aus seinen Schlüssen gefolgerte Gesetz

$$s : s' = t^2 : t'^2$$

bestätigt, so dafs also, wenn die Zeiten
$t = 1, 2, 3, 4 \ldots$ sind, die entsprechenden Fallräume
$s = 1, 4, 9, 16 \ldots$ sich ergeben.

Durch die Feststellung dieses Gesetzes war auch zugleich das andere ferner liegende $v : v' = t : t'$ bestätigt, und mithin waren denn auch die beiden bis dahin nur hypothetischen Sätze zu Erfahrungsdaten erhoben, also

1) dafs ein fallender Körper während seines Falles in jedem gleich grofsen Zeitmoment einen gleich grofsen Zuwachs an Geschwindigkeit bekommt;

2) dafs die Schwerkraft auf ruhende Körper wie auf bewegte, wie grofs auch deren Geschwindigkeit sein möge, mit gleicher Stärke einwirkt.

Alle diese Wahrheiten fand Galilei schon 1602, aber durch den Druck veröffentlichte er sie erst 1638 in seinen *Discorsi e demostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla mecanica etc. Leida 1638.* Galilei hat sie zwar nicht in ganzer Schärfe bewiesen, aber doch so weit, dafs sie in hohem Grade als richtig erscheinen müssen, auch sind sie durch die schärferen und allgemeinen Methoden der späteren Mathematiker und Physiker nur bestätigt worden.

Es ist übrigens bei den angeführten Schlufsfolgerungen und Versuchen abgesehn vom Widerstand der Luft, und auch stillschweigend die Voraussetzung gemacht, dafs die Schwerkraft längs der ganzen Fallhöhe mit gleicher Stärke wirke. Der Widerstand der Luft konnte indefs von Galilei vernachlässigt werden, weil er Körper von bedeutendem specif. Gewicht, nämlich Messing, anwandte, und sie nur eine verhältnifsmäfsig geringe Geschwindigkeit annehmen liefs, und was andererseits die Voraussetzung von der Konstanz der Schwere betrifft, so war auch die erlaubt, da die Körper von keiner grofsen Höhe herabfielen. An die Abnahme der Schwere mit der Höhe oder der Entfernung

vom Erdmittelpunkt zu denken hatte **Galilei** keine Veranlassung.

Der früher angeführte Beweis, daſs der Fall auf einer schiefen Ebene sich aus den Pendelschwingungen ableiten lasse, und nach gleichem Gesetze erfolge wie der freie senkrechte Fall, ist Einwürfen ausgesetzt und wird schon deshalb gegenwärtig nicht gebraucht. Indeſs auch **Galilei** blieb nicht bei demselben stehen, sondern suchte 1639 einen anderen auf, den uns der Arzt **Monconys** in seinen *Voyages etc., Paris 1695* aufbewahrt hat. Dieser Beweis ist ganz identisch mit dem heut gebräuchlichen, der auf einer Zerlegung der Kräfte beruht.

Ist auf der schiefen Ebene ABC (Fig. 6) das volle Gewicht des Körpers ac, so ist der Theil, welcher den Körper längs AC hinabtreibt $= ab$, aber

$$ac : ab = AC : AB = 1 : \sin\gamma.$$

Da dieselbe Masse, welche beim freien senkrechten Fall durch die Kraft ac, das volle Gewicht des Körpers, angetrieben wird, hier aber nur durch $ab = ac \sin\gamma$ angegriffen wird, so muſs offenbar die Bewegung längs AC im Verhältniſs $1 : \sin\gamma$ langsamer erfolgen als längs der Vertikalen.

Fig. 6.

Umgekehrt, wenn durch Erfahrung oder Theorie nachgewiesen ist, daſs die Bewegung auf AC im Verhältniſs $AC : AB$ oder $1 : \sin\gamma$ langsamer ist als längs AB, so folgt, daſs die Stärke der Kraft, welche auf dieselbe Masse wirkt, proportional ist der Geschwindigkeit.

100. Aus den Gesetzen des Falles auf der schiefen Ebene leitete **Galilei** noch einige bemerkenswerthe Folgerungen her.

So zunächst, daſs in gleichen Zeiten die durchfallenen Wege auf der schiefen Ebene und in der Senkrechten sich verhalten wie $AB : AC$ (Fig. 6). Wenn man daher BD senkrecht auf AC zieht, so werden auch die Wege AB und AD in gleicher Zeit zurückgelegt, denn $AB : AC = AD : AB$. — Indem er nun diesen Satz verallgemeinerte,

so folgerte er, daſs alle Sehnen eines Kreises in gleichen Zeiten durchfallen werden, und zwar in derselben Zeit, in welcher der Fall durch den senkrechten Durchmesser geschieht. In der That, wenn man sich über AB einen Halbkreis geschlagen denkt, so wird derselbe durch den Punkt D gehen, und jede von A an den Kreisbogen gezogene Sehne wird dieselbe Eigenschaft besitzen wie AD, d. h. eine Kugel wird längs der Sehne und längs AB in derselben Zeit sich bewegen.

Auch aus den Gesetzen des freien Falles zog **Galilei** ein Paar interessante Schlüsse, nämlich:

daſs die Wege, welche in gleich groſsen aufeinander folgenden Zeitabschnitten durchfallen werden, sich verhalten wie die ungraden Zahlen. Sind die
Zeiten von Anfang . . . . . . 1, 2, 3, 4, 5 ... so sind
die zugehörigen Wege . . . . 1, 4, 9, 16, 25... mithin die
Wege der sich folgenden Zeiten 1, 3, 5, 7, 9.

Galilei bewies dies geometrisch. Wenn in dem rechtwinkligen Dreieck aff' (Fig. 7) $ab = bc = cd = de = ef$ gleiche Zeiten vorstellen und die Senkrechten auf af wieder (s. § 98, Fig. 4) die jedem Zeitpunkt entsprechenden Geschwindigkeiten, so werden die Figuren abb', $bb'cc'$, $cc'dd'$ u. s. w. die Fallräume in den sich folgenden Zeitabschnitten versinnlichen, zugleich ist auch ersichtlich, daſs dieselben der Reihe nach in dem Verhältniſs 1:3:5:7 u. s. w. stehen.

Fig. 7.

Ein anderer wichtiger Schluſs ist der, daſs wenn ein fallender Körper nach der Zeit t die Geschwindigkeit v erlangt hat, und nun die Schwerkraft plötzlich zu wirken aufhörte, der Körper mit der gleichförmigen Geschwindigkeit v fortgehen und mit derselben in der Zeit t einen doppelt so groſsen Weg zurücklegen würde, als der Fallraum in der Zeit t betrug, oder kurz: die Geschwindigkeit ist in jedem Punkt doppelt so groſs als der bis dahin durchfallene Raum, wobei die Dauer des Falles als Zeiteinheit zu nehmen ist.

Die Richtigkeit dieses Schlusses ergiebt sich leicht aus der Betrachtung der Figur 7. Ist *ab* die Zeiteinheit, *bb'* die Geschwindigkeit im Moment *b*, so ist der vermöge dieser Geschwindigkeit im zweiten ebenso grofsen Zeittheil *bc* durchlaufene Raum das Parallelogramm *b'c*, welches doppelt so grofs ist, wie der im ersten Zeitabschnitte beschriebene Raum, nämlich das Dreieck *abb'*. Ist der Körper zwei Zeittheile hindurch gefallen, so hat er die Geschwindigkeit *cc'* erlangt, und mit dieser abermals zwei Zeittheile gleichförmig fortgehend, würde er das Parallelogramm *c'e* beschreiben, welches doppelt so grofs ist, als das durch den freien Fall entstandene Dreieck *acc'*. In ähnlicher Weise läfst sich überall der in Rede stehende Nachweis führen.

101. Wichtiger noch als die eben genannten Sätze ist die Auflösung eines Problems, zu welchem **Galilei** ebenfalls in Folge der Fallgesetze geleitet wurde. Es war dies das Problem von der Bahn geworfener Körper, über welches man zu seiner Zeit so verkehrte Vorstellungen hatte, und an dessen Lösung selbst der Scharfsinn eines **Tartaglia** gescheitert war (§ 56). Die Auflösung, welche **Galilei** gab, war freilich auch keine allgemeine, und auch insofern von keinem direkten Nutzen für die praktische Ballistik, als er bei der Wurfbewegung nur den ideellen Fall einer Bewegung im luftleeren Raum betrachtete, aber diesen Fall fafste er doch in seinen Hauptzügen richtig auf.

Alle die Sätze, welche die Theorie der Wurfbewegung im luftleeren Raum einschliefst, und welche eine so allgemeine Anwendung in der ganzen Mechanik finden, alle diese verdanken wir **Galilei**:

1) dafs jeder Körper, er ruhe oder bewege sich, in diesem Zustand beständig verbleiben müsse, so lange er nicht durch eine Ursache, Kraft, aus demselben versetzt werde. Dies ist das berühmte Gesetz der Trägheit, von dem **Keppler** nur die erste Hälfte erkannte, dafs nämlich ein ruhender Körper nicht von selbst in Bewegung gerathen könne (§ 71);

2) dafs jede Veränderung in der Geschwindigkeit und Richtung der Bewegung durch eine bewegende Kraft geschehe und ihr proportional sei;

3) dafs, wenn gleichzeitig zwei gleich grofse Kräfte in diametral entgegengesetzten Richtungen auf einen Körper wirken, derselbe in Ruhe bleibe;

4) dafs, wenn diese entgegengesetzten Kräfte ungleich grofs sind, eine Bewegung erfolgt in Richtung der gröfseren Kraft und zwar proportional ihrem Ueberschufs; und endlich

5) dafs, wenn gleichzeitig zwei Kräfte auf einen Körper wirken, die einen Winkel miteinander machen, der Körper die Diagonale eines Parallelogramms durchläuft, dessen Seitenlinien die Richtung und Gröfse der beiden Kräfte vorstellen, und dafs er diese Diagonale in derselben Zeit durchläuft, in welcher er die eine oder andere Seitenlinie durchlaufen haben würde. Dies ist der so überaus wichtige Satz vom Parallelogramm der Kräfte, oder wie man heutigen Tages auch sagt, von der Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte.

Was den letzten Satz betrifft, so ist freilich nicht zu läugnen, dass sich einige dunkle Andeutungen oder specielle Anwendungen von demselben schon vor **Galilei** nachweisen lassen, sogar schon bei **Aristoteles** in seinen Quaest. mechan. für den Fall der Rechtwinkligkeit der Kräfte; ferner bei **Fracastoro** in dessen Werk *De stellis*, welches 1540 erschien (§ 57), endlich bei **Simon Stevin**, einem ingeniösen holländischen Mathematiker und Zeitgenossen **Galilei's**. **Stevin**, den ich künftig noch näher betrachten werde (s. § 107), hat 1586 zu Leyden ein Werk unter dem Titel: *De Beghinselen der Weegkonst* herausgegeben, worin allerdings der Satz ausgesprochen wird, dafs drei Kräfte einander das Gleichgewicht halten, wenn sie in Gröfse und Richtung sich wie die Seiten eines Dreiecks verhalten. Denkt man sich nämlich das Dreieck zu einem Parallelogramm ergänzt, so erkennt man sogleich **Galilei's** Parallelogramm der Kräfte, in welchem die Diagonale die eine Dreiecksseite ist, welche die Resultirende der beiden

andern vorstellt, und wenn sie in derselben Gröſse entgegengesetzt genommen wird, Gleichgewicht hervorbringt.

Allein es ist wohl dabei zu bemerken, daſs Stevin diesen Satz, den er übrigens nicht bewiesen hat, immer nur in statischer Beziehung ins Auge faſst. Er sagt niemals, daſs die eine dieser drei in Gleichgewicht stehenden Kräfte, wenn sie allein wirkte, eine Bewegung hervorbrächte, die von gleicher Gröſse und entgegengesetzter Richtung wäre wie die, welche die beiden anderen Kräfte hervorbringen würden.

102. Keiner von den Vorgängern Galilei's auf diesem Felde hat demnach die Bedeutung des Satzes vom Parallelogramm der Kräfte vollständig aufgefaſst, und denselben zur Erklärung zusammengesetzter Bewegungen angewandt. Dieses Verdienst gebührt allein Galilei, und daher muſs er mit Recht als der wahre Entdecker dieses für die gesammte Mechanik so fruchtbaren Satzes angesehen werden. Mittelst dieses und der vorhin genannten Sätze gelang es nun Galilei die Bahn geworfener Körper zu bestimmen, und somit zugleich den schon etwas komplicirten Fall der Zusammensetzung zweier Bewegungen zu lösen, von denen die eine gleichförmig und die andere beschleunigt ist.

Drei Principien waren es, welche Galilei bei der Lösung seines Problems zu Grunde legte:

1) daſs der geworfene oder abgeschossene Körper, sobald keine Schwerkraft auf ihn wirkt, in grader Linie in Richtung des Wurfs oder Schusses mit gleichförmiger Geschwindigkeit fortfliegen werde und zwar unaufhörlich, wenn der Widerstand der Luft und andere Hindernisse ihn nicht zur Ruhe bringen;

2) daſs die Schwerkraft auf den geworfenen oder abgeschossenen Körper genau ebenso wirke, wie auf einen ruhenden oder frei losgelassenen. Er nahm also an, daſs eine von einem Thurm horizontal abgeschossene Kugel genau in eben der Zeit den Boden erreichen werde, wie eine frei senkrecht herabfallende, entgegengesetzt der vulgären Meinung, die man noch heute von Unkundigen aus-

sprechen hört, daſs auf eine solche Kugel die Schwere nicht einwirke;

3) daſs beide Bewegungen, die gleichförmige Wurfbewegung und die beschleunigte Fallbewegung sich gemäſs dem Princip der Zusammensetzung der Kräfte in jedem Augenblick miteinander kombiniren, und so eine krummlinige Bewegung erzeugen. Es ist klar, daſs auf diese Weise eine Kurve entsteht, in welcher die gleichförmige Bewegung durch horizontale Ordinaten y dargestellt wird, deren Längen den Zeiten proportional sind, die also für die Zeitabschnitte 1, 2, 3 . . n das Verhältniſs 1, 2, 3 . . . n haben, während die vertikalen Abscissen x die Fallräume vorstellen, welche sich wie die Quadrate der Zeiten oder Ordinaten verhalten. Daraus folgt, daſs $y^2 = px$ ist. Dies ist aber die Gleichung der Parabel, deren Scheitel im Anfangspunkt der Bewegung liegt, und die Vertikale dieses Punktes zur Axe hat.

Hierbei wurde vorausgesetzt, daſs der Körper in horizontaler Richtung abgeschossen sei; es ist dies der einfachste Fall der Wurfbewegung, und diesen behandelte Galilei auch am ausführlichsten. Allein er zog auch den komplicirteren in Betracht, wenn der Körper schief in die Höhe geworfen wird, und zeigte, daſs dadurch im Wesentlichen nichts geändert wird, daſs der Körper auch dann noch eine Parabel beschreibt, nur daſs diese eine andere Lage bekommt.

Ferner zeigte er, daſs wenn ein Körper mit einerlei Kraft aber unter verschiedenen Winkeln in die Höhe geschossen wird, die Wurfweiten verschieden sind, bei einer Elevation von 45° ihr Maximum erreichen, und bei gleichen Winkeln ober- oder unterhalb 45° um eine gleiche Gröſse kleiner sind. Man vergleiche damit **Tartaglia** (§ 56).

Endlich zog **Galilei** bei dieser Gelegenheit den Fall in Betracht, wo ein Körper senkrecht in die Höhe geschossen wird, und dies führte ihn auf die Untersuchung der gleichförmig verzögerten Bewegung. Er fand ganz richtig, daſs wenn ein Körper z. B. mit der Geschwindigkeit von 150 Fuſs

pro Sekunde senkrecht in die Höhe geschossen wird, und die Schwerkraft ihm nach Ablauf jeder Sekunde eine Geschwindigkeit von 30 Fuſs einprägt, alsdann der Körper 5 Sekunden lang steigen wird, weil nach dem Satz: $v : v' = t : t'$ die Fallgeschwindigkeit nach 5 Sekunden $5 . 30 = 150$ Fuſs oder gleich der Wurfgeschwindigkeit sein wird.

Es ist leicht daraus die Höhe zu berechnen, welche der Körper erreichen wird. Bezeichnen wir die Geschwindigkeit, welche ein fallender Körper am Schluſs der ersten Sekunde erlangt, mit g, ferner mit c die Wurfgeschwindigkeit, so ist die Dauer des Steigens $t = \frac{c}{g}$, im obigen Beispiel $= \frac{150}{30}$. In der Zeit t würde der Körper, wenn die Schwere nicht wirkte, bis zu der Höhe $h = ct$ steigen, da er aber in dieser Zeit durch den Raum $s = \frac{1}{2} gt^2$ fällt, um diesen Betrag ihn also die Schwere herabzieht, so erhebt er sich in Wirklichkeit nur auf $h = ct - \frac{1}{2} gt^2$; das giebt für vorstehendes Beispiel $h = 150 . 5 - \frac{30}{2} . 25 = 375$ Fuſs.

103. Eine zweite Hauptanwendung, die **Galilei** von den Fallgesetzen machte, war die Ermittlung der Pendelbewegung. Wiewohl **Galilei** hier nicht ganz so glücklich war, wie bei den bereits erwähnten Untersuchungen, so muſs er doch unstreitig als der Schöpfer der für die Physik und Mechanik gleich wichtigen Lehre von der Pendelschwingung angesehen werden. Ihm verdanken wir namentlich folgende Theoreme:

1) daſs das Gewicht eines Pendels keinen Einfluſs auf die Dauer seiner Schwingungen habe. — Das war eben der Satz, durch welchen **Galilei**, wie oben erwähnt, auf die Unrichtigkeit des aristotelischen Satzes von dem Einfluſs des Gewichts auf den freien Fall der Körper geführt ward, denn er sah ein, daſs das Schwingen ein Fallen längs eines Kreisbogens sei, dieses wiederum ein Fallen längs einer Reihe schiefer Ebenen, und letzteres dem freien Fall analog sei;

2) dafs die Dauer der Schwingungen eines Pendels von dessen Länge abhänge, und zwar dafs, wenn die Längen zweier Pendel l und l' und die entsprechenden Schwingungszeiten t und t' sind, diese sich wie die Quadratwurzeln aus den Längen verhalten, also

$$t : t' = \sqrt{l} : \sqrt{l'} \text{ oder } t^2 : t'^2 = l : l'.$$

Er schlofs dies aus dem Fall der Körper auf der schiefen Ebene, wo sich die Fallzeiten wie die Quadratwurzeln aus den Höhen verhalten (§ 99). Bei Pendeln verhalten sich aber die Höhen ähnlicher Bogen wie die Halbmesser der Bogen oder Längen der Pendel, und daraus folgt dann, dafs sich die Schwingungszeiten wie die Quadratwurzeln aus den Pendellängen verhalten.

Aus dieser Herleitung ersieht man, dafs **Galilei** voraussetzte, die beiden mit einander verglichenen Pendel beschrieben ähnliche Bogen oder seien um gleiche Winkel aus der Vertikalen abgelenkt, und in der That ist dies auch die Bedingung, unter welcher allein für die Schwingungen zweier Pendel der Satz gilt: $t : t' = \sqrt{l} : \sqrt{l'}$, falls nicht etwa die Schwingungen beider sehr klein sind. Der Grund hiervon ist bekanntlich der, dafs die Schwingungen eines und desselben Pendels je nach ihrer Schwingungsweite eine verschiedene Dauer haben, die kleineren eine kürzere als die gröfseren.

Schon **Galilei** scheint dieses gewufst zu haben. Einmal geht dies aus der Art hervor, wie er den Satz: $t : t' = \sqrt{l} : \sqrt{l'}$ beweist, und dann versichert sein Sohn **Vincenzo** in den Schriften der Accademia del Cimento, dafs sein Vater dies bereits im J. 1583 bei seinen ersten Versuchen beobachtet habe. Indefs hat doch **Galilei** keinen Versuch gemacht zu bestimmen, wie sich bei einem und demselben Pendel die Dauer der Schwingungen mit deren Gröfse verändere.

Den Satz $t : t' = \sqrt{l} : \sqrt{l'}$ gebrauchte übrigens **Galilei** schon in Pisa, um zum Staunen seiner Zuhörer die Höhe des Gewölbes im Dom daselbst aus der Dauer der Schwingungen der daran hängenden Kronleuchter zu berechnen.

3) Der dritte Satz endlich, den wir **Galilei** über die Pendelbewegung verdanken, ist ein Korollar von dem vorigen und heifst: Wenn n und n' die Anzahl der Schwingungen sind, die zwei Pendel in derselben Zeit τ vollbringen, so ist:

$$n : n' = \frac{1}{\sqrt{l}} : \frac{1}{\sqrt{l'}},$$

denn da, wenn t und t' wieder die Dauer einer Schwingung bezeichnen,

$$n = \frac{\tau}{t} \text{ und } n' = \frac{\tau}{t'}, \text{ so ist auch } \frac{1}{n} : \frac{1}{n'} = \sqrt{l} : \sqrt{l'}.$$

In der letzten Zeit seines Lebens beschäftigte sich **Galilei** auch damit das Pendel als ein Instrument zum Messen der Zeit anzuwenden, und nach seinem Tode führte sein Sohn **Vincenzo**, wahrscheinlich nach des Vaters Idee, im J. 1649 ein Instrument aus, welches man einigermafsen eine Pendeluhr nennen könnte; aber wie man es anzufangen habe, damit es den Dienst der Zeitmessung gehörig verrichte, das aufzufinden gelang ihm doch nicht.

Er sah wohl ein, dafs ein zum Schwingen gebrachtes Pendel seine Bewegung bis ins Unendliche fortsetzen würde, wenn keine Reibung unter der Axe und kein Luftwiderstand vorhanden wäre, aber er war nicht so glücklich ein Mittel zu ersinnen, um diese Hindernisse aus dem Wege zu räumen, und so die Schwingungen beliebig lange zu unterhalten. In der sogenannten Pendeluhr, die **Vincenzo** der Sohn beschrieb, war das Pendel selbst der Erreger der Bewegung. Es griff beim Schwingen mittelst Haken in ein Rad, an welchem ein Zeiger befindlich war, der dadurch im Kreise herumgeführt wurde. Eine solche Uhr konnte natürlich nicht lange in Gang bleiben.

Die glückliche Idee das Pendel als Regulator eines durch Gewichte in Bewegung gesetzten Räderwerks zu benutzen und somit eine wahre Pendeluhr darzustellen, diese gehört ohne Widerrede ganz allein dem grofsen holländischen Physiker **Huyghens** an, wie ich späterhin näher erörtern werde.

104. Fassen wir die bisher auseinandergesetzten Leistungen **Galilei's** nochmals kurz zusammen, so sehen wir, daſs wir ihm folgende Bereicherungen der Wissenschaft verdanken:

Richtige Vorstellungen über die Bedingungen zur gleichförmigen und zur beschleunigten Bewegung;

den Begriff der Trägheit der Materie, vollständiger als ihn **Keppler** auffaſste;

die Gesetze des freien Falles der Körper;

den Satz von der Zusammensetzung oder Zerlegung der Kräfte oder vom sogenannten Parallelogramm der Kräfte, obwohl noch nicht in allgemeinster Form;

die Gesetze des Falles auf einer schiefen Ebene;

die Gesetze der Wurfbewegung, jedoch ohne Rücksicht auf Luftwiderstand;

die Grundzüge der Lehre von der Pendelschwingung.

Zu diesen die Fundamente der heutigen Mechanik begründenden Leistungen kann man noch zählen die erste, wenngleich noch beschränkte, Aufstellung des später so berühmt gewordenen Satzes von der virtuellen Geschwindigkeit.

Unter virtueller Geschwindigkeit versteht man diejenige, welche ein Körper, der im Gleichgewicht ist, annimmt oder anzunehmen geneigt ist im ersten Moment, da das Gleichgewicht gestört wird. Der Satz von der virtuellen Geschwindigkeit sagt nun, daſs die Kräfte oder Potenzen, welche auf einen Körper wirken, im Gleichgewicht sind, wenn sie sich verhalten umgekehrt wie die virtuellen Geschwindigkeiten, zerlegt nach den Richtungen dieser Kräfte.

Am einfachsten ist die Sache beim Hebel. Man denke sich einen ungleicharmigen Hebel, an dessen Enden die Kräfte L und K wirken; dieselben werden im Gleichgewicht sein, wenn sie sich verhalten umgekehrt wie die Hebelarme, an denen sie wirken. Eine Folge dieses Gleichgewichts ist, daſs wenn man dem Hebel eine kleine Bewegung mittheilt, das Gewicht K einen Weg beschreibt,

der sich zu dem von L beschriebenen Weg verhält wie L zu K, und weil dies der Fall ist, darum sind die Kräfte L und K im Gleichgewicht. Dies ist es, was **Galilei** einsah und darum auch die Wahrheit erkannte, dafs das, was in jeder Maschine an Kraft gewonnen wird, an Zeit wieder verloren geht, so dafs das Produkt aus der Kraft in die Zeit eine konstante Gröfse ist.

In seinem Werke *Della scienza mecanica etc.* war es, wo **Galilei** das Princip der virtuellen Geschwindigkeit als eine allgemeine Eigenschaft des Gleichgewichts der Maschinen bezeichnete. Dies Werk erschien gedruckt erst 40 Jahre nach seiner Abfassung, und zwar französisch 1634 durch **Mersenne**, und gar erst 7 Jahre nach seines Verfassers Tode 1649 italienisch.

Es ist bemerkenswerth, dafs sich die erste Andeutung zu diesem Satz schon bei **Aristoteles** findet, und es ist dies eine der wenigen richtigen Ansichten, die er in der Mechanik ausgesprochen hat. Der Gegenstand findet sich nicht in seinen mechanischen Fragen, sondern in seiner Physik, wo er sagt, dafs Kräfte (Potenzen oder bewegte Massen) gleich viel wirken, wenn sie sich umgekehrt verhalten wie ihre Geschwindigkeiten. Hat man zwei Körper, etwa Kugeln mit den Massen $A = 1$ und $B = 8$ und den Geschwindigkeiten respektive $a = 8$ und $b = 1$, so prägt jede einer dritten Kugel dieselbe Geschwindigkeit ein. Hängt man diese Körper an einen ungleicharmigen Hebel auf, dessen Arme sich wie 1 : 8 verhalten und zwar B an den kürzeren, so halten sie einander das Gleichgewicht, weil wenn man den Hebelarm ein wenig dreht, die einfache Masse A einen achtmal so grofsen Weg beschreibt als die achtfache Masse B.

Die Verknüpfung des zweiten Satzes mit dem ersten kannte aber **Aristoteles** noch nicht, dazu bahnte erst **Galilei** den Weg. [1])

105. Das bisher Angeführte möchte das Wichtigste sein, was wir **Galilei** in der eigentlichen Mechanik ver-

[1]) **Montucla**, Hist. des math. II, 182.

danken. In Bezug auf die Fallerscheinungen habe ich noch zu bemerken, daſs **Galilei** sich dabei nur das Studium der Fallgesetze, der Wirkungen der Schwerkraft zur Aufgabe gemacht hatte, auf die Ursache der Schwerkraft aber nicht einging aus dem einfachen Grunde, weil wie er sagte wir darüber nichts wissen könnten. Auch nahm er nicht Rücksicht auf die Veränderungen der Schwerkraft, die er als eine konstante Kraft ansah, da er nur die Wirkungen derselben an einem Punkt der Erdoberfläche in Betracht zog.

Die Frage, ob die Schwerkraft an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche und in verschiedenen Höhen über derselben gleich groſs sei oder nicht, diese Frage lieſs er noch ganz auſser Betracht. So kam es ihm denn auch noch nicht in den Sinn die Bewegungen der Planeten und der Erde um die Sonne als Wirkungen der Schwerkraft anzusehen. Ja selbst die Erscheinungen der Ebbe und Fluth, die bereits **Keppler** und vor ihm weit specieller, wenn auch mit Irrthümern untermischt, **Stevin** als herrührend von der Anziehung des Mondes nachgewiesen hatten, verkannte **Galilei** gänzlich, indem er sie von der Schwungkraft der Erde herleitete. Er glaubte bei der schnellen Bewegung der Erde um ihre Axe und um die Sonne könne das Wasser dem festen Kern nicht in gleichem Maſse folgen, es häufe sich daher an der Hinterseite an, etwa so wie Wasser in einem offenen Gefäſse, welches schnell nach der Linken bewegt wird, sich an der rechten Seite anhäuft. **Stevin** dagegen war der Meinung, weil wir alle 24 Stunden zwei Fluthen haben, es sei nicht bloſs der Mond, sondern auch ein ihm gegenüberliegender Punkt, der das Wasser anzieht.

Uebrigens war **Galilei**, wie wir aus seinen Lebensschicksalen zur Genüge wissen, ein Anhänger des kopernikanischen Systems, das aber von den Ursachen und Gesetzen der himmlischen Bewegungen noch keine Rechenschaft zu geben wuſste.

Bei allen seinen Untersuchungen über die Fall- und Wurfbewegung der Körper hatte **Galilei** vom Widerstand

der Luft abgesehen, obgleich er den Einfluſs der Luft auf diese Bewegungen sehr wohl kannte, und sogar ein Mittel angab den dadurch erzeugten Widerstand zu messen. Sein Vorschlag bestand darin, daſs man nach einander zwei Flintenkugeln senkrecht herab gegen eine eiserne Platte schieſsen solle, die eine aus einer Höhe von einigen Ellen, die andere aus einer Höhe von 100 und mehr Ellen. Er vermuthete nun, die letztere werde weniger platt geschlagen sein als die erstere, ungeachtet bei ihr die Schuſsgeschwindigkeit noch durch die Einwirkung der Schwere vermehrt worden sei, weil nämlich der Widerstand der Luft die Bewegung gehemmt habe.

Galilei selbst lieſs es bei dem Vorschlag bewenden, aber die Mitglieder der Accademia del Cimento, die gröſsten Theils seine Schüler waren, führten den Versuch aus und fanden, wie zu erwarten, die Vermuthung ihres Lehrers bestätigt.

Schlieſslich möge nicht unerwähnt bleiben, daſs **Galilei** auch über den Stoſs der Körper ein Werk geschrieben haben soll, das verloren gegangen ist. Man darf dies wohl glauben, da es bekannt ist, daſs **Galilei** Stoſs und Druck als inkommensurabel ansah. [1])

106. Auch in der Hydrostatik und Hydrodynamik hat **Galilei** Spuren seiner Thätigkeit hinterlassen. Abgesehen davon, daſs er eine hydraulische Maschine erfand, auf die ihm 1594 der Doge von Venedig ein 20 jähriges Privilegium ertheilte [2]), wandte er sich auch der theoretischen Seite dieses Theils der Mechanik zu. Ihm verdankt man nämlich über die innere Beschaffenheit der Flüssigkeiten diejenige Ansicht, die im Wesentlichen noch heut zu Tage bei allen mathematischen Untersuchungen zum Grunde gelegt wird.

Er dachte sich die Flüssigkeiten als bestehend aus kugelförmigen Theilchen, die wie die Theilchen starrer

[1]) Libri, Hist. des sc. math. IV, 285.
[2]) Libri, ibid. IV, 197.

Körper der Schwerkraft unterworfen seien, die aber eine große Beweglichkeit besitzen, und daher dem geringsten Drucke nachgeben. Wegen dieser Beweglichkeit, schloſs er, üben die Flüssigkeiten nach allen Seiten hin einen gleichen Druck aus, und damit erklärte er denn verschiedene Erscheinungen, die vom Druck der Flüssigkeiten herrühren, recht befriedigend, ohne etwas von den Arbeiten seines Zeitgenossen **Stevin** zu kennen.

Zu seinen Leistungen im Gebiet der Hydrostatik gehört auch noch die Erfindung der Bilancetta, einer sinnreich erdachten hydrostatischen Schnellwage, um mit derselben ähnliche Probleme zu lösen, wie das bekannte archimedische mit der Krone des Königs Hiero. Die Bilancetta bestand aus einem ungleicharmigen Wagebalken, an dessen längerem Arm ein Laufgewicht und an dem kürzeren der zu untersuchende Körper angebracht war, der in der Luft und unter Wasser durch die Vorrichtung sich wägen, und dadurch seinen Gewichtsverlust im Wasser bestimmen lieſs.

Aus dem Zweck, den **Galilei** damit erreichen wollte, ist ersichtlich, daſs ihm die Zusammenziehung der Metalle bei ihrer Verbindung unbekannt war, und daſs sich also das specifische Gewicht einer Legirung nicht aus dem specifischen Gewicht ihrer Bestandtheile finden läſst, wenigstens nicht genau, sondern auf diese Weise ermittelt in der Regel zu klein ausfällt. **Glauber** war der erste, der nach seiner Angabe in den *Furni novi philosophici, Amstelodami 1651* die Zusammenziehung einer Legirung aus Kupfer und Zinn beobachtete.

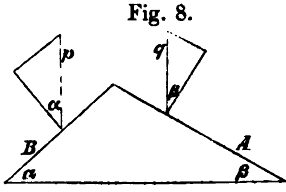
107. Die Leistungen **Galilei's** in der Hydrostatik bieten mir wohl die schicklichste Gelegenheit von den Verdiensten eines seiner Zeitgenossen zu reden, dessen ich schon einigemal beiläufig erwähnte, und dessen Name rühmlich neben dem des groſsen Florentiners genannt werden kann. Ich meine den Niederländer **Stevin**.

Simon Stevin ward geb. 1548 zu Brügge in Flandern und starb als Deichinspektor 1620 zu Leyden. Er hieſs

eigentlich Steven oder vielmehr Stevens, woraus latinisirt Stevinus und abgekürzt Stevin geworden ist. Wir besitzen zwei Werke von ihm, 1) *De Beghinselen der Weegkonst, Leyden 1586*, und 2) eine vollständige Sammlung seiner Schriften nach seinem Tode in französischer Sprache erschienen: *Les oeuvres mathématiques de Simon Stevin, Leyden 1634*. Beide bekunden ihn als einen Mann von vielseitigen Kentnissen in den mathematischen Wissenschaften, und was mehr ist, als einen Mann von richtigem Blick und originellen Gedanken.

Ich habe bereits erwähnt (§ 101), dafs **Stevin** nahe daran war den wichtigen Satz vom Parallelogramm der Kräfte zu entdecken, oder vielmehr er hat ihn entdeckt, aber freilich nur in Bezug auf dessen Geltung für die Statik, indem er aussprach, dafs drei Kräfte einander das Gleichgewicht halten, wenn sie sich in Gröfse und Richtung wie die Seiten eines Dreiecks verhalten. Der Beweis, den er von diesem Satz gab, ist freilich nicht zulässig, aber doch originell. Er sagte, wenn dieser Satz nicht gelte, so würde, wenn man sich um ein Dreieck mit horizontaler Basis eine Kette geschlungen denkt, diese immerfort im Kreise herumlaufen, was anzunehmen widersinnig sei. Eigentlich bewies er damit nur, dafs zwei Lasten, die auf den schrägen Seiten eines Dreiecks mit horizontaler Basis liegen, einander das Gleichgewicht halten, wenn sie sich wie die Seiten dieses Dreiecks verhalten. Sind α und β Fig. 8 die Winkel an der horizontalen Basis des Dreiecks, A und B die ihnen gegenüberstehenden Seiten, p und q zwei Lasten, die mit den Kräften $p \sin \alpha$ und $q \sin \beta$ auf den schiefen Ebenen herabzugleiten streben, so ist im Fall des Gleichgewichts

Fig. 8.



$$p \sin \alpha = q \sin \beta, \text{ und überdies}$$
$$B \sin \alpha = A \sin \beta, \text{ woraus } \frac{p}{q} = \frac{B}{A}.$$

108. Wichtiger und bleibender sind seine Verdienste um die Hydrostatik. Wenn man nicht schon **Archimedes** als den Gründer dieses Zweiges der Mechanik ansehen will, so mufs man diese Ehre auf **Stevin** übertragen, wenigstens hat keiner zunächst nach dem berühmten Geometer des Alterthums die Hydrostatik mit so fundamentalen Lehrsätzen bereichert als eben **Stevin**.

So zuvörderst verdankt man ihm den Satz, dafs der Druck des Wassers auf den Boden eines Gefäfses unabhängig von der Gestalt des Gefäfses sei, und nur bedingt wird von der Höhe, welche das Wasser in dem Gefäfse einnimmt. Er bewies diesen Satz sowohl durch Raisonnement als durch Experiment, und auf letzterem Wege sowohl für den Druck von oben nach unten als von unten nach oben. Er nahm Gefäfse mit senkrechter und mit nach oben verengter Wandung, und füllte sie gleich hoch mit Wasser; brachte er dann eine Scheibe, die an einem Wagebalken hing, auf den Boden der Gefäfse, so erforderte die Hebung der Platte stets dasselbe Gegengewicht, gleichviel ob das Gefäfs überall dieselbe Breite hatte oder sich nach obenhin so weit zusammenzog, dafs der Wasserspiegel eine kleinere Fläche hatte als die Scheibe. Um auch den Druck der Flüssigkeit nach oben zu bestimmen, versenkte er Röhren, gegen deren untere Oeffnung Bleiplatten geprefst wurden, so tief, bis das Wasser durch seinen Druck nach oben das Abfallen verhinderte, und konstatirte nun, dafs der Auftrieb ebenso grofs sei wie der Druck abwärts in derselben Tiefe, nämlich gleich dem Gewicht einer Wassersäule, deren Basis gleich dem Gefäfsboden und deren Höhe der Abstand des Bodens vom Wasserspiegel ist.

Vollständiger noch führte er den Beweis durch kommunicirende Röhren mit und ohne Ventil. Dafs Flüssigkeiten in kommunicirenden Röhren von ungleicher Weite gleich hoch stehen, ist übrigens der einfachste und sicherste Beweis. Auf diese Weise, sagte **Stevin**, könne 1 Pfund Wasser im engen Rohr gegen einen Verschlufs im weiten mehr wirken als hunderttausend Pfund; er hatte also die

Wirkung der hydraulischen Presse richtig erkannt, nämlich dafs man mit einer kleinen Wassermasse einen sehr hohen Druck ausüben kann.[1])

Eine andere hydrostatische Aufgabe, die **Stevin** löste, ist die Bestimmung des Drucks, den Wasser auf die ebene vertikale Seitenwand eines parallelepipedischen Gefäfses ausübt. Er fand ihn richtig gleich dem Druck eines Wasserprismas, dessen Grundfläche gleich der Wand und dessen Höhe gleich der halben Wasserhöhe in dem Gefäfse ist. — Sein Beweis kommt auf eine Art Differential - Rechnung hinaus und gründet sich darauf, dafs in einer ruhenden Flüssigkeit an jeder Stelle der horizontale Druck dem vertikalen gleich ist. **Stevin** denkt sich nun das an der senkrechten Gefäfswand befindliche Wasser in unendlich viele wagerechte Schichten getheilt, welche alle die Breite der Wand $= b$ haben, von denen aber jede so lang ist wie ihre Tiefe unter dem Wasserspiegel. Es müssen diese Streifen also nach unten stetig länger werden und zusammen auf einem Vertikalschnitt wie ein rechtwinkliges Dreieck erscheinen, in welchem Höhe und Grundlinie gleich sind, und das, wenn h die Höhe bezeichnet, den Flächeninhalt $h \cdot \frac{h}{2}$ hat. Dieser mit b multiplicirt giebt das den Druck bestimmende Wasserprisma $bh \cdot \frac{1}{2}h$.[2])

Ferner bestätigte **Stevin** die von **Archimedes** gefundenen Sätze:

1) dafs ein Körper in Wasser getaucht soviel an Gewicht verliert, als das Gewicht des verdrängten Wassers beträgt;

2) dafs bei schwimmenden Körpern der Raum des eingetauchten Theils mit Wasser gefüllt gerade so viel wiegt wie der ganze Körper; aber er fügte diesen Sätzen auch noch zwei neue und wichtige hinzu:

1) dafs der Schwerpunkt eines schwimmenden Körpers und der eingebildete Schwerpunkt der Wassermasse,

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. I, 82.

[2]) Kästner, Gesch. d. Math. IV, 41.

die den Raum des eingetauchten Theiles dieses Körpers einnehmen würde, in einer Vertikallinie liegen; und

2) dafs zu einem stabilen Schwimmen erforderlich sei, dafs der Schwerpunkt des Körpers unterhalb des Schwerpunkts dieser Wassermasse liege, und dafs das Schwimmen desto stabiler sei, je tiefer der erste Schwerpunkt unter dem letzteren ist.

109. Die Gegenstände, welche **Stevin** in seinen Werken behandelt, sind übrigens sehr mannichfaltig. Er beschäftigt sich darin mit Arithmetik, Kosmographie, praktischer Geometrie, Statik, Hydrostatik, Optik, Fortifikation, Schleusenbau, Schifffahrtskunde u. s. w., und bei vielen Gelegenheiten legt er Proben eines originellen und ingeniösen Geistes ab.

So entwickelt er ausführlich, welchen mannichfachen Nutzen das Decimalsystem bei allen Rechnungen, bei Eintheilung von Münzen, Mafsen und Gewichten haben würde, und empfahl daher dringend die Einführung desselben. Es sind also nicht die Franzosen, welche die Vorzüge des Decimalsystems zuerst anerkannt haben.

Ferner hob **Stevin** lebhaft den Werth des Gebrauchs der Muttersprache für die Gelehrten hervor, was ihm zu einer Zeit, wo die Gelehrten aller Länder gröfstentheils noch lateinisch schrieben, gewifs sehr zur Ehre gereicht. Wenn die Wissenschaften fortschreiten sollen, sagte er, so müssen sich recht viele Männer mit der Einsammlung von Erfahrungen beschäftigen, und eben deshalb ist es gut, dafs die Gelehrten in ihrer Muttersprache schreiben, wie es die Griechen und Römer ja auch gethan haben. **Stevin** war dabei der Meinung, die holländische oder niederdeutsche Sprache könne wegen ihres Reichthums an einsylbigen Wörtern die Sachen kürzer und bestimmter ausdrücken als die lateinische, eine Meinung, die auffallend erscheinen mufs, da man sonst in der Regel das Gegentheil annimmt. **Stevin** suchte seine Sprache sogar zu erweitern; wo es an Wörtern zur Bezeichnung mathemati-

scher oder mechanischer Gegenstände fehlte, da pflegte er und nicht selten mit Glück neue zu erfinden.

Noch verdient unter den Erfindungen Stevin's die des Segelwagens genannt zu werden, eines Wagens, der mittelst Segel durch den Wind bewegt wurde. Der Franzose Peiresc erzählt, er selbst habe in diesem Wagen, worin 28 Personen, eine Fahrt gemacht und der Prinz Moritz von Nassau sei damit von Putten nach Scheveningen, d. h. vier holländische Meilen in zwei Stunden gefahren [1]).

110. Um nach dieser Abschweifung auf Galilei zurückzukommen, will ich zu einem anderen Felde seiner vielseitigen Thätigkeit übergehen, zu seinen Untersuchungen über die Kohäsion, Resistenz oder den Zusammenhalt der starren Körper. Auch hier hat Galilei die Bahn zu den späteren Forschungen gebrochen. Unter Anderem suchte er das Verhältniſs zwischen der sogen. absoluten und respektiven Festigkeit der Körper zu ermitteln, nämlich das Verhältniſs zwischen der Kraft, die einen Stab in Richtung der Länge zerreiſsen würde und der, welche zum Zerbrechen desselben erforderlich ist.

Seine Ansicht von dem Vorgang beim Zerbrechen ist nicht ganz richtig, weil sie voraussetzt, daſs alle Längsfasern dabei gleich stark widerstehen, zu gleicher Zeit abreiſsen und sich vor dem Abreiſsen nicht ausdehnen, auch die Fasern der unteren Hälfte sich nicht verkürzen. Allein für harte Körper, Stein oder Glas kommt die Vorstellung ziemlich mit der Erfahrung überein, und deshalb konnte Galilei aus seiner halbwahren Theorie manche richtige Folgerung ziehen. Dahin gehört:

daſs hohle Cylinder oder Stäbe dem Zerbrechen stärker widerstehen als massive von gleicher Grundfläche. Aus dieser Ursache, folgert Galilei, habe die Natur ohne Zweifel die Knochen der Thiere, die Federn der Vögel und Stengel mehrerer Pflanzen hohl gebildet; ferner,

---

[1]) Kästner, Gesch. d. Math. IV, 35, 392, 418.

dafs die Festigkeit der Körper gegen das Zerbrechen nicht den Gewichten oder Massen proportional sei, weil die Massen sich wie die Kuben der ähnlichen Seiten verhalten, der Widerstand gegen das Zerbrechen aber nur wie die Quadrate dieser Seiten wachse.

Danach sah er ein, dafs es eine Grenze geben müsse, bei welcher ein Körper schon durch sein eignes Gewicht zerbrechen werde, und daraus zog er den richtigen Schlufs, dafs man die Festigkeit der Maschinen nicht nach der Festigkeit ihrer Modelle beurtheilen könne. Auch glaubte er hierin den Grund zu erblicken, warum die Natur nur Thiere von gewisser Gröfse erschaffen habe, und grade die gröfsesten von ihnen als Wasserthiere. Sehr grofse Thiere, meinte er, würden durch das Gewicht ihrer eigenen Knochen erdrückt werden, wenn sie nicht im Wasser schwimmen, wo ein Theil dieses Gewichts durch das Wasser aufgehoben würde [1].

So richtig **Galilei** im Ganzen über diese Klasse von Erscheinungen urtheilte, so irrig war doch seine Meinung in Betreff der Ursache des Zusammenhalts der starren Körper. Sein Irrthum ist merkwürdig, weil er uns auf eine belehrende Weise zeigt, dafs selbst Männer von grofser Einsicht sich nicht immer in allen Dingen von den Vorurtheilen losreifsen können, in denen sie aufgewachsen sind. **Galilei**, sonst überall der Gegner des **Aristoteles** und der **Scholastiker**, spricht doch in Bezug auf die Ursache der Kohäsion eine Meinung aus, die im Wesentlichen mit der Ansicht von jenen zusammen fällt. Er leitet nämlich die Festigkeit ab von einer Resistenza del Vacuo, was ziemlich übereinkommt mit Horror vacui der Aristoteliker [2].

111. Denselben Irrthum hegte **Galilei** in Betreff des Aufsteigens von Flüssigkeiten in Röhren, an denen gesogen wird, also in Betreff der Erscheinungen bei Pumpen. Man erzählt, **Galilei** habe mit Verwunderung von einem

---

[1]) **Fischer**, Gesch. d. Phys. I, 60.
[2]) **Kästner**, Gesch. d. Math. IV, 7.

florentiner Gärtner vernommen, dafs eine neue Pumpe das Wasser nicht über 18 ital. Ellen habe heben wollen, und sei ihm dies so unglaublich gewesen, dafs er sich erst durch eigenen Augenschein davon habe überzeugen können. Er habe die Pumpe untersucht, aber keinen Fehler an ihr zu entdecken vermocht, und doch sei das Wasser dem Stempel nicht weiter als 18 ital. Ellen gefolgt, und mehrere Fufs unter demselben stehen geblieben, wenn man ihn höher gehoben habe. Lange habe **Galilei** sich diese Erscheinung nicht zu erklären vermocht, bis er endlich darauf verfallen sei, dies dem Horror vacui zuzuschreiben, der bei jener Höhe seine Gränze habe.

Diese weit verbreitete Anekdote stammt von **Pascal**, der sie in der Vorrede zu seinem *Traité de l'équilibre des liqueurs 1663* erzählt; in der Ausgabe von 1698 findet sie sich nicht. **Libri** in seiner *Histoire des sciences math. IV, 270* bestreitet die Wahrheit dieser Erzählung. Es mag wohl richtig sein, dafs **Galilei** nicht erst durch den florentiner Gärtner mit dem Phänomen der Pumpen brauchte bekannt gemacht zu werden, aber andererseits ist es doch wahr, dafs **Galilei** in seinen *Discorsi e dimostrazioni matemat. Leid. 1638* Meinungen ausspricht, die gar wohl zu jener Anekdote passen. Er vergleicht daselbst die Wassersäule in der Pumpe mit einem Metalldraht und meint, so wie es für diesen eine Länge gebe, bei der er durch sein eignes Gewicht zerreifse, so sei es auch mit der Wassersäule, die oben am Stempel hafte.

Das Ansteigen des Wassers in Pumpen war ihm also eine Kohäsions- oder Adhäsionserscheinung zwischen Stempel und Wasser, analog dem ihm wohl bekannten Adhäriren zweier nassen Glastafeln aneinander, und so wie er die Kohäsion der festen Körper durch eine Resistenza oder Repugnanza del Vacuo, Widerstand oder Widerspenstigkeit gegen den leeren Raum erklärte, so wollte er nun auch diese Erklärung auf die Pumpen anwenden. Dafs in diesen das Wasser nicht höher als etwa 18 ital. Ellen steige, war nach ihm nicht Folge des Drucks der äufseren

Luft, sondern Wirkung der Resistenza del Vacuo, die durch das Gewicht einer solchen Wassersäule gemessen werde.

Dieser Irrthum **Galilei's** ist um so merkwürdiger, als es ihm keineswegs unbekannt war, daſs die Luft schwer ist. In seinen Discorsi e dimostrationi matemat. intorno a due nuove scienze etc., worin unter der einen neuen Wissenschaft eben die Kohäsionslehre gemeint ist, läſst er den **Salviati** ganz deutlich beschreiben, wie man sich von dem Gewicht der Luft überzeugen könne, und auf welche Weise es sich bestimmen lasse.

Um bloſs darzuthun, daſs die Luft schwer sei, sagt **Salviati** (worunter immer **Galilei** selbst zu verstehen ist), komprimire man Luft in einer Flasche, bringe dann die Flasche auf einer Wage in Gleichgewicht und lasse durch Oeffnen des Ventils der Flasche die Luft heraustreten. Wiegt man nun wieder, so wird man die Flasche leichter finden, also muſs die Luft Gewicht haben. Darauf beschreibt **Salviati** die Methode, nach welcher er das Gewicht der Luft bestimmt habe. Er sagt, er habe die Flasche gefüllt einmal mit komprimirter Luft und das anderemal mit Wasser, und sie in beiden Zuständen gewogen, wodurch er gefunden habe, daſs die Luft 400mal leichter sei als Wasser.

Auf diese Weise wird freilich nur das specifische Gewicht von verdichteter Luft gefunden, und wenn das Resultat einen Werth haben soll, so muſs zugleich der Grad der Verdichtung gemessen werden. Das hat nun freilich **Galilei** nicht gethan, und schon aus diesem Grund kann seine Angabe gegenwärtig auf keine Beachtung Anspruch machen. Allein dennoch ist der Versuch bemerkenswerth, weil er der erste ist, den man gemacht hat, das specif. Gewicht der atmosphärischen Luft und überhaupt einer Gasart zu bestimmen.

Bei dieser Gelegenheit macht **Galilei** einen Vorschlag zu einem andern Versuch, der gewissermaſsen die Umkehrung des eben genannten ist. Man solle, sagt er, die Flasche wiegen erst mit Luft und dann, nachdem man sie

durch Erwärmen luftleer (luftverdünnt) gemacht und verschlossen habe. Dadurch finde man zunächst das Gewicht der Luft, welches die Flasche fülle. Wäge man nun noch dieselbe Flasche mit Wasser gefüllt und vergleiche das zuvor gefundene Gewicht mit diesem, so habe man das Gewicht der Luft bezogen auf das Gewicht eines gleichen Volumens Wasser, d. h. also, man habe das specif. Gewicht der Luft.

Das hier ausgesprochene Princip ist ganz richtig und wird noch gegenwärtig angewandt, nur bedient man sich zum Evakuiren der Flasche nicht mehr der Erwärmung, die nur ein unvollkommenes Vakuum liefert, sondern der Luftpumpe, die aber **Galilei** noch unbekannt war. Er verstand nur erst Luft zu komprimiren, und zwar mittelst einer Spritze.

Man sollte meinen, die Bekanntschaft mit dem Gewicht der Luft hätte von selbst zu der Kenntnifs vom Druck der Atmosphäre führen müssen, da letzterer eine Folge vom ersteren ist. Aber dem war nicht so. Ebenso wenig wie **Aristoteles**, der auch schon das Gewicht der Luft supponirte, ja dasselbe sogar bewiesen zu haben glaubte, kam **Galilei** auf den Gedanken, dafs das Aufsteigen des Wassers in Saugpumpen eine Wirkung des Drucks der Atmosphäre sei.

Das Einzige, was **Galilei** aus den Erscheinungen bei der Pumpe lernte, war die Ueberzeugung, dafs sich denn doch trotz des Horror vacui der Natur ein luftleerer Raum darstellen lasse, und bei seinem praktischen Sinn suchte er die Sache sogleich experimentell zu erweisen. Er nahm einen hohlen Cylinder, der an einem Ende durch einen ebenen Boden verschlossen war, fügte einen dicht schliessenden Stempel ein, befestigte nun den Cylinder senkrecht herabhängend und hing soviel Gewichte an den Stempel, dafs dieser herabgezogen wurde. Man sieht, es fehlte nicht viel und **Galilei** hätte die Luftpumpe erfunden, es fehlte nur der Hahn oder das Ventil und die Verbindungsröhre zu der Kampane. Aber auch hier ging **Galilei** neben dem

Ziele vorbei; er begnügte sich das zum Herunterziehen des Stempels erforderliche Gewicht zu bestimmen, und glaubte dadurch die Gröſse der Resistenza del Vacuo gemessen zu haben.[1])

Thermometer.

112. Glücklicher als bei dem Barometer und der Luftpumpe war Galilei beim Thermometer. Die Geschichte der Erfindung dieses wichtigen Instruments liegt einigermaſsen im Dunklen, man kann nicht mit voller Bestimmtheit angeben, wer der Erfinder ist oder vielmehr, wer die ersten Erfinder seien, denn es wäre leicht möglich, ja sogar nicht unwahrscheinlich, daſs das erste rohe Instrument von mehreren Personen, wenn auch nicht gleichzeitig, doch wenigstens unabhängig von einander konstruirt worden sei. Wissen wir ja doch, daſs die Ausdehnung der Luft durch die Wärme schon den Alten namentlich Hero von Alexandrien bekannt war, und zum Heben von Wasser benutzt wurde.

Indeſs, wenn man alles für und wider erwägt, so muſs man gestehen, daſs Galilei ebenso viele und wohl gröſsere Ansprüche auf die Ehre der Erfindung des Thermometers hat als diejenigen, welche für gewöhnlich als Erfinder desselben genannt werden. In Galilei's Werken, so wie sie durch den Druck auf uns gekommen sind, ist freilich nicht vom Thermometer die Rede. Allein wir wissen, daſs mehrere seiner Schriften verloren gegangen sind, und dann ist auch bekannt, daſs er manche Erfahrung entweder gar nicht, oder nicht sogleich, oft erst nach Jahren durch den Druck bekannt machte.

Daher können wir es denn auch den Biographen Galilei's wohl glauben, namentlich Nelli und Viviani, daſs Galilei schon im J. 1597 ein thermometerartiges Instrument verfertigte, und zwar zu einer Zeit, wo er, wie es scheint, mit dem Studium der Werke Hero's von Alexandrien be-

[1]) Montucla, Hist. des math. I, 203.

schäftigt war [1]). Auch geht aus authentischen Beweisstücken hervor, dafs er im J. 1603, also lange vor den Ansprüchen Anderer, die Wirkung dieses Instruments dem Pater **Castelli** zeigte. Und ebenso weifs man, dafs sein vertrauter Freund, der Venetianer **Sagredo** von 1613 an Beobachtungen mit einem galileischen Thermometer machte.

Dies Thermometer bestand aus einer offenen Glasröhre mit Kugel daran, die beide Luft enthielten und durch einen Tropfen Wasser abgesperrt waren; die Skala daran war eine willkührliche. Es war also ein sehr unvollkommenes Instrument, kein eigentliches Thermometer, sondern nur ein Thermoskop, und zwar ein sehr trügliches, Thermoskop und Baroskop zugleich. Ebenso unvollkommen waren aber auch die Instrumente derer, die gewöhnlich für die Erfinder des Thermometers ausgegeben werden, als: die Engländer **Baco** und **Fludd**, die Italiener **Sarpi** und **Sanctorius** und der Holländer **Drebbel**.

113. Lord **Baco** kann wohl am wenigsten als Erfinder des Thermometers genannt werden, denn er spricht von diesem Instrument erst 1620 in seinem Novum Organon, und auch nur als von einer bekannten Sache, und nennt es vitrum calendare. Was er beschreibt ist ganz die alte mangelhafte Form.

Robert Fludd auch **a Fluctibus** genannt, ein englischer Arzt und Abenteurer, der viele Länder und auch Italien bereiste und 1605 in seine Heimath zurückkehrte, würde schon seiner eigenen Angabe nach auf die Ehre verzichten müssen, denn erstlich beschreibt er das Thermoskop in seiner Philosophia moysaica, die erst 1638 erschien, und dann sagt er, er habe die Beschreibung und Abbildung des Instruments in einer 500 Jahr alten Handschrift gefunden, die er aber nicht näher bezeichnet. — **Fludd** war geb. 1574 zu Milgate, Kent und starb 1637 in London [2]).

[1]) Libri, Hist. des sc. math. IV, 189.

[2]) Kästner, Gesch. d. Math. II, 235; Libri, ibid. IV, 192.

Sanctorius, eigentlich **Santorio**, geb. um 1561 zu Capo d'Istria, und gest. 1636 zu Venedig als Professor der theoret. Medicin daselbst [1]). Ein zu seiner Zeit sehr berühmter Arzt, der sich namentlich durch seine *Medicina statica, Venet. 1614* einen grofsen Ruf erworben hat, beschrieb das Thermoskop in seinen *Commentaria in artem medicinalem Galeni, Venet. 1612.* Er suchte das Thermoskop wie das Pendel in der Medecin anzuwenden, hat aber, wenn er es wirklich erfand, dasselbe doch erst nach **Galilei** erfunden. Uebrigens erdachte er auch ein Saiten-Hygrometer [2]).

Fra Paolo Sarpi, ein Servitenmönch, geb. 1552 zu Venedig und gest. 1623 ebendaselbt, scheint sich des Instruments erst seit 1617 bedient zu haben, und spricht nicht davon in seinen Werken. [3]).

Gewöhnlich wird **Cornelius Drebbel** als Erfinder des Thermometers genannt, meist auf Grund der Behauptung von **Dalencé** in seinem *Traité des baromètres, thermomètres etc., Amst. 1688.* Allein es giebt noch ältere Nachrichten darüber. In dem Sammelwerk des Pater **Leurechon**: *La récréation mathématique, Pont-à-Mousson 1624* wird das Instrument von **Galilei** oder **Sanctorius** beschrieben unter dem Titel: *Du thermomètre ou instrument pour mésurer les dégrés de chaleur ou froidure, qui sont en l'air.* Hiervon ist der *Thaumaturgus mathematicus 1636* von **Caspar Ens** eine lat. Uebersetzung, in welcher obige Ueberschrift lautet: *De thermometro sive de instrumento drebeliano etc.*, woraus später **Dalencé** und Andere folgerten, dafs **Drebbel** der Erfinder sei. [4])

Wenn man dem Italiener **Libri** glauben darf, so steht in **Drebbel's** Schrift *De natura elementorum, Hamb. 1621,* welche als Quelle genannt wird, gar nichts vom Thermometer oder einem ähnlichen Instrument, sondern **Drebbel** sucht blofs daselbst zu zeigen, dafs Wasser sich durch Er-

[1]) Tiraboschi, Storia della letteratura ital. VIII, 474.
[2]) Libri, Hist. des sc. math. IV, 194.
[3]) Libri, ibid. IV, 194, 214; Tiraboschi, Storia etc. VII, 742.
[4]) Wohlwill, Poggend. Ann. CXXIV, 163.

hitzen in Luft verwandeln könne. Ich habe nicht Gelegenheit gehabt das Werk zu sehen, aber es wäre nicht das erste Mal, dafs sich eine solche Angabe traditionell von einem Buch ins andere fortpflanzt. Freilich spricht **Drebbel** in jenem Werk, welches ursprünglich holländisch geschrieben ist und nach **Burckhardt**[1]) bereits 1608 erschien, auch von der Ausdehnung der Luft durch die Wärme, aber was er davon sagt, ist dem, was **Porta** in seinen Pneumaticis angiebt, in den Worten so ähnlich, dafs man allen Grund hat zu glauben, es sei aus des Letzteren Werk entnommen.

Porta hätte mindestens ebenso viele Ansprüche als **Drebbel**, denn in seinem Werke *Pneumaticorum libri tres* findet sich sogar ein thermometerartiges Instrument beschrieben und abgebildet. Diese Beschreibung findet sich aber nicht in der ersten lateinischen Ausgabe von 1601, sondern in der italienischen Uebersetzung vom J. 1606, so dafs es sehr wahrscheinlich ist, dafs der Verfasser unterdefs von **Galilei**'s Instrument Kunde erhielt. **Porta** hätte danach das Verdienst, das Instrument zuerst beschrieben zu haben.[2])

Selbst wenn man absehn wollte von **Santorio**, **Sarpi** und **Porta**, würde man **Drebbel** noch keine begründeten Ansprüche auf die Erfindung des Thermometers vindiciren können, denn es giebt noch ein Dokument, welches älter ist als das **Drebbel**'sche Werk. Es ist die *Matematica maravigliosa* verfafst zu Rom 1611 vom Ingenieur **Telioux**, einem Kommentator des **Hero**. In diesem Werke, welches handschriftlich in der Bibliothek des Arsenals aufbewahrt wird, findet sich ein Luftthermoskop beschrieben, dessen Einrichtung schon vollkommener ist als das von **Porta** abgebildete, obwohl nicht mit Gewifsheit hervorgeht, wie **Libri** behauptet[3]), dafs dabei der Luftdruck ausgeschlossen war. Es bestand aus einer Glasröhre, die an dem einen

[1]) Poggend. Ann. CXXXIII, 681.
[2]) Libri, Hist. etc. IV, 469.
[3]) Libri, ibid. IV, 471.

Ende in eine Kugel auslief, mit dem andern offenen Ende in eine Flüssigkeit tauchte, die in einem kolbenartigen Glase enthalten war. Beide Glasgefässe waren verbunden, aber wohl nicht luftdicht; das Glasrohr hatte eine willkührliche Skala, die 8 Grade enthielt, jeder eingetheilt in 60 Minuten.

Endlich hat auch **Salomon de Caus**, ein Mann, der wegen seiner Ansprüche auf die Erfindung der Dampfmaschine noch späterhin in Betracht kommt, in seinem Werke *Raisons des forces mouvantes etc. Francfort 1615* ein sehr unvollkommenes Thermometer beschrieben.[1])

Nach allen diesen Erörterungen mufs man gestehen, dafs **Galilei** doch das meiste Anrecht hat als Erfinder des Thermometers betrachtet zu werden, wenn man nicht etwa bis **Hero** von Alexandrien zurückgehen will, der zweifelsohne zu dieser Erfindung den ersten Impuls gegeben hat. Man mufs freilich auch einräumen, dafs **Galilei** das Instrument nur in seiner ersten rohen Gestalt darstellte, dafs er die Unvollkommenheit und zusammengesetzten Angaben desselben nicht einmal erkannt zu haben scheint, und dafs er endlich durch dasselbe die Wissenschaft mit keiner nennenswerthen Beobachtung bereichert hat, was allerdings in gleichem Mafse von den übrigen Kompetenten in dieser Angelegenheit gilt.

114. Anlangend **Cornelius Drebbel**, so war er 1572 zu Alkmar in Holland geboren und starb 1634 zu London. Häufig wird er, vielleicht um die Sache pikant zu machen, für einen Bauer ausgegeben. Allein, wenn er auch ursprünglich Landmann war, so war er doch gewifs kein Bauer im gewöhnlichen Sinne, was schon daraus hervorgeht, dafs Ferdinand II., Kaiser von Deutschland, ihm den Unterricht seiner Söhne übertrug, und ihn zum kaiserlichen Rath ernannte. In den Unruhen von 1620 nahmen ihn die Truppen des Kurfürsten Friedrich V. gefangen, und beraubten ihn seines ganzen Vermögens. Auf hohe Für-

---

1) Vergl. Wohlwill, Poggend. Ann. CXXIV, 170.

bitte ward er indessen bald wieder frei gelassen. Er ging nun an den Hof Jakob's I. von England, Friedrich's Schwiegervater, der sich im Umgang mit Gelehrten gefiel, und lebte fortan bis an sein Ende in London.

Drebbel war nicht ohne Beobachtungsgeist und Erfindungsgabe, wie das mehrere Maschinen und Apparate bezeugen, die das Staunen seiner Zeitgenossen erregten. So ein Schiff, das angeblich zwei englische Meilen unter Wasser fuhr von Westminster bis Greenwich; ferner ein Instrument, das sobald die Sonne darauf schien eine liebliche Musik ertönen liefs und dgl. m. Auf solche Kunststücke scheint indefs vorzüglich sein Streben gerichtet gewesen zu sein, und wiewohl er für seine Zeit nicht gemeine Kenntnisse in verschiedenen Zweigen der angewandten Mathematik besafs, so fehlte doch seinen Leistungen der rechte wissenschaftliche Geist.

Aufser dem Thermometer wird **Drebbel** wohl auch die Erfindung des zusammengesetzten Mikroskops zugeschrieben. Diese Angabe, welche **Drebbel** abermals in Beziehung zu **Galilei** setzt, hat indefs kein besseres Fundament als sein Anspruch auf die Erfindung des Thermometers. Man weifs mit Gewifsheit nur, dafs der holländische Gesandte **Boreel** im J. 1619 eine Art von zusammengesetztem Mikroskop bei **Drebbel** sah (§ 81), ob dieser dasselbe erfunden habe, wird nicht gesagt. Andererseits scheint nicht bezweifelt werden zu können, dafs **Galilei** schon 1612 ein Mikroskop von seiner Hand dem Könige Sigismund von Polen verehrte, und durch ein Werk von **Boccalini**: *Ragguagli di Parnasso*, welches ebenfalls 1612 zu Venedig erschien, ist es ebenso erwiesen, dafs um diese Zeit die Mikroskope schon in Italien bekannt waren.

Bis nicht positive Angaben das Gegentheil darthun, hat man alle Ursache **Galilei** für den Erfinder des zusammengesetzten Mikroskops zu halten. Es möchte indefs von dieser Erfindung gelten, was ich bereits von der des Thermometers bemerkt habe. Aller Wahrscheinlichkeit nach waren **Galilei**'s Mikroskope noch sehr unvollkommen,

selbst die, welche er später im J. 1624 für den Fürsten Cesi in Rom verfertigte, sonst hätten sie wohl mehr Aufsehn erregt, und Galilei zu irgend einer erheblichen Entdeckung geführt.

Geographische Länge.

115. Die Gegenstände, welche Galilei während seines mehr als 50jährigen Wirkens beschäftigten, sind so zahlreich, dafs es zu weit führen würde sie alle namhaft zu machen, oder bei jedem den Gang seiner Ideen speciell auseinander zu setzen. Ich will mich daher begnügen nur noch ein Paar seiner Leistungen zu betrachten, die, wenn sie für die Wissenschaft auch nicht von dem Nutzen gewesen sind, wie die bereits angeführten, doch wenigstens abermalige Proben von dem Erfindungstalent ihres Urhebers abgeben.

Eine der sinnreichsten darunter ist wohl die Idee, aus den Verfinsterungen der Jupitertrabanten durch ihren Hauptkörper die geographische Länge zu finden. Bei mehreren seiner Erfindungen hatte Galilei die Nutzanwendung auf die Schifffahrtskunst im Auge, deren Vervollkommnung auch bei den häufigen Reisen, welche die Europäer schon damals in die transatlantischen Länder unternahmen, sich als ein grofses Bedürfnifs herausstellen mufste.

So erfand er 1617 seine Testiera, Celatone oder das Binokular-Teleskop zum Nutzen der Schiffer, so wollte er das Pendel als Zeitmesser auf dem Meere gebrauchen, und die Bewegungen der Jupitermonde, namentlich die Bedeckung des innersten dieser Monde durch den Hauptplaneten, zur Auffindung der für die Seefahrer so höchst wichtigen geographischen Länge benutzen, eine Idee, welche auch Peiresc hatte, von der er aber abstand, als er hörte, dafs sich Galilei damit beschäftige (§ 83). Galilei's Bemühungen in dieser Hinsicht waren für seine Zeit um so verdienstlicher, als damals das Problem der Meereslänge noch ganz in seiner Kindheit lag.

Zu Galilei's Zeiten waren die Seefahrer wohl im Stande die Polhöhe oder geographische Breite ihres Schiffs mit erträglicher Genauigkeit zu bestimmen, allein das zweite Element, welches noch hinzukommen mufs, um die Lage eines Orts auf dem Meere wie auf dem Lande genau festzusetzen, die geographische Länge, vermochten sie nicht anders zu ermitteln als durch die höchst unsichere Schätzung der Geschwindigkeit des Schiffs mittelst des Logs, und der Richtung seines Laufs mittelst des Kompasses.

Es war dieses oft sehr trügliche und beschwerliche Mittel, welches freilich auch noch jetzt bei kurzen Reisen und im Nothfall gebraucht wird, dasjenige, auf welches sich die Seefahrer des XVI. und XVII. Jahrhunderts alleinig beschränkt sahen, so **Bartholomäus Diaz** bei seiner Umschiffung des Kaps im J. 1486, und Columbus bei seinen Entdeckungsreisen nach Amerika 1492.

Die Unvollkommenheit dieser Methode veranlafste die Astronomen des XVI. Jahrhunderts auf bessere Mittel zu sinnen. Zunächst verfielen sie darauf, die Mondfinsternisse für diesen Zweck zu benutzen. Eine Mondfinsternifs ist ein Ereignifs, welches an allen Orten der Erde, wo es sichtbar ist, gleichzeitig wahrgenommen wird, was nicht von einer Sonnenfinsternifs gilt. Beobachtet man also den Anfang oder das Ende einer Mondfinsternifs an verschiedenen Punkten der Erde, und merkt sich, was die Uhr an jedem Punkt in diesem Moment zeigt, so ergiebt sich aus der Verschiedenheit der Uhrzeiten der Unterschied in der geographischen Länge der Beobachtungsorte.

Allein eine Mondfinsternifs ist eine viel zu seltene Begebenheit, als dafs aus deren Beobachtung den Seefahrern irgend ein erheblicher Nutzen erwachsen sollte, wenn sie auch sonst, was nicht einmal der Fall ist, recht genau zu beobachten wäre. Deshalb geriethen die Astronomen des XVI. Jahrhunderts auf die Idee, statt der Mondfinsternisse die Abstände des Mondes von gewissen Fixsternen zu diesem Behufe anzuwenden. Es ist ein Deut-

scher, dem in dieser Idee die Priorität gebührt, nämlich **Johann Werner**, ein nürnberger Pfarrer, geb. 1468, gest. 1528. Er sprach diesen Gedanken 1514 in seinen Anmerkungen zur Geographie des **Ptolemaeus** zuerst aus.

Nach ihm haben noch viele andere Astronomen denselben Vorschlag gemacht als: **Apianus** (Bienewitz), Prof. der Mathematik zu Ingolstadt in seiner Cosmographia 1524. — **Orontius Finaeus**, Prof. der Math. in Paris, wo er 1555 starb. — **Gemma Frisius**, Arzt und Prof. der Medicin zu Löwen in seinen Principiis astronomiae 1547. — **Pedro Nuñez**, Prof. der Math. in Coimbra, welcher von 1492 bis 1577 lebte. — **Daniel Santbeck** 1560. — **Keppler** 1600. — **Morin**, Prof. der Math. in Paris 1645.

Allein alle diese Vorschläge blieben erfolglos, weil zur Anwendung der Methode eine Kenntnifs des Mondlaufs erforderlich ist, wie man sie im XVI. Jahrhundert noch nicht besafs. Sie erfordert nämlich Tafeln, welche die Abstände des Mondes von den gewählten Fixsternen auf geraume Zeit im Voraus und mit Genauigkeit berechnet enthalten, und solche Tafeln zu liefern verstand man damals noch nicht. Erst im J. 1755 gelang es einem andern deutschen Astronomen, dem berühmten **Tobias Mayer** (geb. 1723 zu Marbach, gest. 1762), Prof. zu Göttingen, das Problem zu lösen, wofür nach seinem Tode die Wittwe einen Theil des vom englischen Parlament darauf gesetzten Preises, nämlich 3000 Lstrl., erhielt.

Galilei's Idee war, wie man sieht, im Princip nicht neu, aber sie hatte vor der Beobachtung einer Mondfinsternifs den Vorzug, dafs die Bedeckung eines Jupitertrabanten etwa alle 2 Tage erfolgt, und also ein viel häufigeres Ereignifs ist. Sie erfordert keine Winkelmessung, die man damals durch Fernröhre auch noch nicht zu machen verstand, sondern nur eine sorgfältige Festsetzung der Zeit des Phänomens von Seiten des Beobachters. Dazu hatte **Galilei** sein Celatone erfunden, das er 1617 eigens im Hafen von Livorno prüfte, ob es bei den Schwankungen

auf dem Schiffe eine sichere Beobachtung gewähre, und überdies suchte er mittelst des Pendels die Zeit zu bestimmen.

Allein **Galilei's** Vorschlag scheiterte an derselben Schwierigkeit, welche die Astronomen seiner Zeit beim Monde erfahren hatten; er vermochte nicht, den Lauf der Jupitertrabanten im Voraus mit Genauigkeit zu berechnen. Man weiſs nicht recht, wie weit er gekommen ist. Er stellte indeſs vieljährige Beobachtungen zu diesem Zweck an, und noch nach seinem Tode wurde ein Schüler von ihm, **Vincenzo Renieri**, vom Groſsherzog von Toskana eigens besoldet, um die Beobachtungen fortzusetzen. **Renieri** war, wie es heiſst, im J. 1647 nahe daran seine Arbeit zu publiciren, als plötzlich seine Papiere verschwanden und trotz aller Nachforschungen nicht wieder zu finden waren. Man muſs fast argwöhnen, **Renieri** selber habe sie vernichtet, weil er die Erfolglosigkeit seiner Anstrengungen einsah.

Galilei's Idee erregte übrigens in der gelehrten Welt groſses Aufsehen. Freilich schenkte Philipp II. von Spanien, an welchen sich **Galilei** wohl nicht ohne Hoffnung auf reiche Belohnung gewandt hatte, dem Antrage kein Gehör, aber desto aufmerksamer erwies sich die holländisch-ostindische Kompagnie, der allerdings wegen ihrer ausgedehnten Schifffahrt nach den Kolonien sehr viel an einer genügenden Lösung des Problems von der Meereslänge gelegen sein muſste. Sie belohnte **Galilei's** Idee nicht nur durch kostbare Geschenke, sondern sandte auch zwei holländische Astronomen nach Arcetri zu **Galilei**, um diesen, der damals bereits erblindet war, in seinen Beobachtungen und Rechnungen zu unterstützen. Es waren dies **Wilh. Blauew**, ein Schüler **Tycho's**, bekannt durch Verfertigung von Himmelskugeln (starb 1638) und **Hortensius**, **Van den Hove**, Prof. der Mathematik am Gymnasium zu Amsterdam (geb. 1605, gest. 1639). Hatte nun gleich diese Sendung keinen Erfolg, so trug sie doch nicht wenig dazu bei, den Ruhm **Galilei's** in der groſsen Welt zu erhöhen.

Winkeltheilung.

116. Ein anderer Gegenstand, auf den **Galilei** sein Augenmerk richtete, war die Vereinfachung der astronomischen Instrumente, die damals noch ziemlich komplicirt waren. Er zeigte, dafs es zu einer Sternwarte im Grunde nur zweier Instrumente bedarf, eines im Meridian aufgestellten Fernrohrs und eines Zeitmessers, und bekanntlich genügen auch beide Instrumente zu den Hauptaufgaben der Astronomie.

Sinnreich ist die Methode, die er dabei angiebt, die Bruchtheile der Grade an Winkelinstrumenten zu finden, ohne dafs man nöthig hat, die Theilung direkt weiter als bis auf ganze Grade fortzusetzen. Bereits **Tycho** bediente sich zu demselben Zweck der Transversallinien auf der Kreistheilung. Allein diese und andere noch unvollständigere Methoden sind durch bequemere und genauere verdrängt worden, durch die Mikrometerschraube und den Nonius, der noch zu **Galilei's** Lebzeiten erfunden ward.

Bekanntlich ist der Nonius eine kleine bewegliche Skale, die sich neben der festen, welche durch sie getheilt werden soll, verschieben läfst und so getheilt ist, dafs eine gewisse Anzahl ihrer Theile um einen Theil kleiner oder gröfser ist, als die Anzahl der Theile auf dem gleichen Abstand der festen Skale. Die Differenz der Theile des Nonius N und der Skale S giebt dann die Bruchwerthe der Skalentheile an. Will man die Theile der Skale z. B. in 20 Theile theilen, so macht man

$$20\,N = 19\,S \text{ oder } 20\,N = 21\,S, \text{ woraus}$$
$$N = \frac{19}{20}\,S \text{ oder } \quad N = \frac{21}{20}\,S, \text{ also}$$
$$S - N = \tfrac{1}{20}\,S \text{ oder } N - S = \tfrac{1}{20}\,S.$$

Gewöhnlich schreibt man die Erfindung des Nonius dem im vorigen § erwähnten portugiesischen Mathematiker **Pedro Nuñez** oder Nonius zu, Prof. der Math. zu Coimbra. **Nuñez** hat sich allerdings als Mathematiker vortheilhaft

bekannt gemacht; er hat Untersuchungen angestellt über die loxodromische Linie und über die kürzeste Dämmerung, hat auch ein für seine Zeit gutes Handbuch der Schifffahrtskunst geschrieben, allein auf die Erfindung des Nonius, von dem er in seinem Werk: *De crepusculis liber unus, Lisbon. 1542* eine Beschreibung giebt, kann er keine Ansprüche machen, und es geschieht also sehr mit Unrecht, dafs man das Instrument nach seinem Namen nennt.

Der wahre Erfinder des Instruments ist **Pierre Vernier**, geb. 1580 und gest. 1637 zu Ornans in der Franche Comté. Er beschrieb das Instrument in: *La construction, l'usage et les propriétés du quadrant de mathématique etc. Brux. 1631.* Die Franzosen haben also Recht das Instrument nach ihm zu nennen, ob sie aber den Urheber zugleich als ihren Landsmann betrachten dürfen, ist zweifelhaft. **Vernier** lebte in den Niederlanden als Unterthan des Königs von Spanien aus dem Hause Oesterreich; auf dem Titelblatt seines Buchs nennt er sich Kapitän und Kastellan Seiner Majestät des Königs, sowie General-Direktor von deren Münzen in Burgund. Die Franche Comté übrigens, in der er geboren war, gehörte bis zum J. 1668 zum deutschen Reich.

Vernier's Vorschlag wurde lange übersehen, und so konnte es geschehen, dafs nach einer geraumen Zeit selbst in den Niederlanden zwei andere Personen denselben als etwas neues wieder vorbrachten, nämlich **Hedraeus**, ein schwedischer Stipendiarius auf der Universität Leyden und später Prof. der Mathematik in Upsala im J. 1643, und **Gutschoven**, Prof. der Anatomie und Mathematik zu Löwen im J. 1674. Mit Recht sind deren Ansprüche jetzt vergessen; **Vernier** allein gebührt die Ehre der Erfindung eines Instruments, das nicht minder zum Fortschritt der messenden Wissenschaften beigetragen hat, als das Fadenkreuz im Brennpunkt der Fernröhre und Mikroskope.

Zur Akustik.

117. Noch hätte ich vom Proportionalzirkel zu reden, den **Galilei** kurz nach 1594 erfand und 1606 in einem eigenen Schriftchen beschrieb. Allein ich will die lange Liste seiner Entdeckungen und Erfindungen schliefsen, um nur noch sein Anrecht auf die erste Beobachtung eines Phänomens zu erörtern, das wir Deutsche gewohnt sind unserm Landsmann **Chladni** zuzuschreiben; ich meine die Klangfiguren.

In neuerer Zeit 1816 hat der bekannte französische Physiker **Biot** behauptet, die Entdeckung dieser für die Akustik so interessanten Gestalten gebühre nicht **Chladni**, sondern dem grofsen Florentiner. Untersuchen wir, in wie weit dies Urtheil gegründet ist. **Galilei** hat allerdings verschiedene hierher gehörige Beobachtungen angestellt, so unter Anderem hat er beobachtet, dafs wenn man mit nassem Finger auf dem Rand eines Glases herumstreicht, das in dem Glase enthaltene Wasser ringförmige, koncentrische Erhöhungen und Vertiefungen seiner Oberfläche zeigt, sobald sich ein Ton hören läfst.

Es sind dies die sogenannten stehenden Wellen, herrührend davon, dafs die Schwingungen des Glases, welche den Ton erzeugen, sich dem Wasser mittheilen, wodurch Wellen erzeugt werden, die hin und zurücklaufend einander an bestimmten Punkten fortwährend durchkreuzen. **Galilei** beobachtete hierbei, dafs wenn der Ton des Glases in die höhere Oktave überspringt, was zuweilen bei dem Versuche geschieht, sich zugleich jede Welle in zwei Wellen theilt. Diese Wellen haben nur so lange Bestand, als man das Tönen des Glases mit dem Finger unterhält; sollte es aber nicht möglich sein, fragt **Galilei** bei dieser Gelegenheit, Wellen zu erzeugen, die dauernd wären, so dafs man sie mit Genauigkeit messen und zählen könnte?

Allerdings, setzt er hinzu, denn wenn man, wie er einmal zufällig gefunden, mit einem Schabeeisen schnell auf einer Messingplatte hinwegstreicht, so lasse sich mit-

unter ein schrillender Ton vernehmen, und wenn dies der Fall ist, so bemerke man hernach auf der Platte eine grofse Anzahl feiner Striche parallel und in gleichen Abständen. Man bemerke auch, dafs diese Striche einander um so näher lägen, je höher der Ton sei. Diese Erscheinung ist nun zwar recht interessant, hat aber mit den Klangfiguren nichts gemein, deren Entdecker allein **Chladni** ist.

Auch über die Schwingungen tönender Saiten hat **Galilei** Untersuchungen angestellt, aus denen er den Schlufs zog, dafs die Tonhöhe von der Anzahl der Schwingungen abhänge, und dafs bei Saiten von gleicher Dicke, gleicher Substanz und Spannung sich die Schwingungszahlen umgekehrt wie die Längen der Saiten, also die Dauer der Schwingungen direkt wie die Saitenlängen verhalten. Dieses Ergebnifs verdient deswegen besondere Anerkennung, weil mit ihm die physikalische Erforschung der Töne anhebt.

Aus der bisherigen keineswegs vollständigen Schilderung von **Galilei**'s Leistungen ist zu ersehen, wie grofs und mannichfach die Verdienste sind, welche derselbe sich um die physikalischen Wissenschaften erworben hat. Wenn ein Einzelner auf die Ehre des Begründers einer so vielfach verzweigten Wissenschaft, wie die Physik ist, Anspruch machen kann, so ist sie unbedenklich keinem andern als **Galilei** zu ertheilen. Denn er hat den Grund zu der wissenschaftlichen Mechanik gelegt, die alle übrigen Theile der Physik mehr oder weniger als Nerv durchzieht.

Es sind indefs nicht blofs die Resultate seiner Forschungen, welche ihn zu dieser Ehre berechtigen, sondern ebenso sehr der Geist, die Methode derselben, die stete Verknüpfung des Experiments mit der mathematischen Spekulation, eine Verknüpfung, die wir noch heute als die einzig solide Basis der Naturforschung anerkennen, und die keiner vor ihm mit solchem Erfolg zu Stande gebracht hat wie Er.

Magnetismus.

118. Um die Zeit des XII. Jahrhunderts lernten die Schiffer des mittelländischen Meeres den Kompaſs kennen, wahrscheinlich durch Vermittlung der Araber, die ihrerseits dieses nützliche Werkzeug muthmaſslich von den Chinesen hatten (§ 46 u. f.). Durch die Bekanntschaft mit dem Kompaſs hatte die Kenntniſs vom Magnetismus einen wesentlichen Zuwachs bekommen, denn man hatte gelernt, was den Alten völlig unbekannt war, daſs eine magnetisirte Stahlnadel oder auch schon ein natürlicher Magnetstein bei gehöriger Beweglichkeit eine so gut wie feste Richtung annehme, wenigstens eine Richtung, die an einem und demselben Ort innerhalb einer mäſsigen Zeit als fest zu betrachten ist.

Man könnte vielleicht glauben, die Erfindung des Kompasses hätte zugleich auch die Entdeckung des Erdmagnetismus sein müssen. Allein das war keineswegs der Fall, mehr als 400 Jahre verflossen, ehe man vom ersten Schritt zum zweiten überging. Selbst die empirische Kenntniſs des Phänomens machte in den ersten Jahrhunderten nur sehr langsame Fortschritte. Anfangs glaubte man die Magnetnadel zeige genau nach Norden (oder Süden), wodurch man sich sogar, wie man später lernte, von den Chinesen hat beschämen lassen, da diese schon ums J. 1100 wuſsten, daſs es nicht allgemein der Fall sei (§ 48). Der Irrthum der Europäer war indeſs insofern verzeihlich, als einerseits ihre Kompasse anfangs keine Gradtheilung besaſsen, und andererseits die Abweichung der Magnetnadel vom Meridian, d. h. die Deklination, wirklich um die Zeit des XIII. und XIV. Jahrhunderts im südlichen Europa nur gering war.

Wer unter den Europäern zuerst die Deklination überhaupt und die Verschiedenheit der Deklination an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche wahrgenommen habe, ist nicht mit voller Gewiſsheit zu sagen, aber einleuchtend ist, daſs diese Verschiedenheit und damit die Deklination

selbst nicht lange verborgen bleiben konnte von der Zeit an, da man gröſsere Seereisen machte.

Nach einer Erzählung, die **Thévenot** in seinem *Recueil des voyages, Paris 1681* mittheilt, soll **Peter Adsigerius** schon im J. 1269 eine Abweichung von 5⁰ wahrgenommen haben. Allein die Nachricht ist unlauter, es ist nicht gesagt, wo diese Beobachtung gemacht sei, und ob diese Deklination von der an anderen Orten abweiche.

Sicherer ist die Annahme, daſs unter den Europäern **Christoph Columbus** es war, der zuerst die Deklination und ihre Ungleichheit an verschiedenen Orten der Erdoberfläche beobachtete. Als derselbe auf seiner ersten Entdeckungsreise nach Amerika 200 Seemeilen von Ferro am 13. September 1492 bei Sonnenuntergang eine astronomische Beobachtung machte, fand er zu seinem Erstaunen, daſs das Nordende der Magnetnadel etwa einen halben Strich ($5\frac{1}{2}^0$) nach Westen abwich.

Zu **Columbus** Zeiten verstand man schon recht gut astronomische Beobachtungen zur See zu machen, es ist daher einigermaſsen auffallend, daſs er und andere Seefahrer uns nichts von der magnetischen Abweichung im mittelländischen Meere sagen, da diese doch damals keineswegs null sein konnte. Am Schlusse des XVI. Jahrhunderts war die Deklination im Mittelmeer östlich, etwa 9^0 in Italien (§ 59) und nahm ab, es muſste also im XV. Jahrhundert diese östliche Deklination noch gröſser sein. Es kann daher befremden, daſs **Columbus** durch eine westliche Abweichung von $5\frac{1}{2}^0$ in Erstaunen gesetzt ward, während er zu Palos, dem Hafen, wo er auslief, sicher eine ebenso groſse östliche hätte beobachten können.

Aber vielleicht war es auch nur dieser Uebergang der östlichen Deklination in eine westliche, welche ihm Verwunderung und Besorgniſs abnöthigte; auch ist es möglich, daſs man bei den im mittelländischen Meer üblichen Kompassen der Magnetnadel schon eine solche Stellung gegen die sogen. Windrose gegeben hatte, daſs sie genau nach Norden zeigte. Es ist dies um so glaublicher, als

man noch lange, nachdem die Deklination als Thatsache erwiesen war, ziemlich allgemein die Meinung hegte, es sei dieselbe etwas zufälliges, rühre von einer fehlerhaften Konstruktion der Magnetnadel her, daher man denn auch allerlei Versuche machte Magnetnadeln zu konstruiren, die genau nach Norden zeigten.

Wie dem auch sein mag, wenn **Columbus** auch nicht der erste Europäer war, der die magnetische Deklination überhaupt entdeckte, so scheint er doch die Ungleichheit derselben an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche zuerst wahrgenommen zu haben. Gegenwärtig wird ihm dieses Verdienst auch nicht streitig gemacht, doch mufs ich erwähnen, dafs sowohl **Gilbert**, mit dem wir uns bald näher bekannt machen werden, als auch **Riccioli** zwei andere Männer als Entdecker dieses Phänomens nennen, nämlich **Sebastian Cabot** und **Gonzales Oviedo**.

Sebastian Cabot (Caboto, Gaboto), Sohn des Venetianers Joh. Cabot, machte im Dienst und Auftrage des Königs Heinrich VIII. von England eine Reise nach dem Norden von Amerika, auf welcher er 1497 Prima vista (New-Foundland) entdeckte, und bald darauf am 24. Juni 1497 das Festland von Amerika betrat, merkwürdiger Weise früher, als dies mit **Columbus** der Fall war, der erst am 5. August 1498 fünf Lieues von Cabo de Lapa im Golf von Paria den Fufs auf den Kontinent von Amerika setzte, und zwar ohne es zu wissen, da er bis an sein Ende in dem Glauben blieb, Cuba sei schon ein Theil des Festlandes. Diesem **Cabot** schreibt **Gilbert** gradeswegs die Entdeckung der magnetischen Deklination zu.

Der andere Kompetent **Gonzales Oviedo**, auch ein Zeitgenosse von **Columbus**, ist durch eine Beschreibung von Indien berühmt, in welcher er, wie **Gilbert** sagt, berichtet, dafs die Magnetnadel in dem Meridian der Azoren keine Abweichung zeige.

Beide Zeugnisse können richtig sein, ohne wie man sieht **Columbus** in der Priorität seiner Beobachtung Eintrag zu thun. Uebrigens ist das Zeugnifs für **Cabot** inso-

fern verdächtig, als **de l'Isle** eine Handschrift vom Piloten **Crignon** aus Dieppe gesehn hat, welche von 1534 datirt dem **Cabot** zugeeignet war, und in welcher von der Abweichung der Magnetnadel die Rede ist, so daſs es zweifelhaft ist, ob **Cabot** die Deklination entdeckt hat oder sie bereits vor ihm bekannt war [1]).

119. Man würde sich sehr irren, wenn man glauben wollte, daſs die Deklination, nachdem sie entdeckt war, auch überall bekannt und anerkannt worden sei. Das war keineswegs der Fall, und zwar nicht bloſs wegen der Langsamkeit des damaligen wissenschaftlichen Verkehrs, sondern hauptsächlich wegen der Hartnäckigkeit der Physiker und Mathematiker jener Zeit, welche die Abweichung der Magnetnadel vom astronomischen Meridian nicht mit ihren eingebildeten Lehrsätzen vereinbar fanden.

So schrieb **Pedro de Medina**, ein spanischer Mathematiker zu Valladolid noch im J. 1545, also etwa 50 Jahre nach **Columbus** erster Reise eine Schifffahrtskunst, worin er ausdrücklich die Deklination der Magnetnadel läugnet. Er schrieb sie der fehlerhaften Magnetisirung der Kompaſsnadeln und der unrichtigen Beobachtung der Schiffer zu. Auch **Nonius**, der bereits früher erwähnte Professor zu Coimbra (§ 116) war ähnlicher Meinung, oder glaubte sie käme daher, daſs die Kompaſsnadeln bei langem Gebrauch an Kraft verlören.

Indeſs häuften sich die Erfahrungen, welche die spanischen und portugiesischen Seefahrer auf ihren weiten Reisen durch beide Oceane machten, immer mehr, und so sahen sich denn die Gelehrten genöthigt ihre vorgefaſsten Theorien fahren zu lassen. Einen Beleg dazu giebt das Handbuch der Schifffahrtskunst, welches **Martin Cortez** im J. 1556 zu Sevilla herausgab. In diesem findet man die magnetische Abweichung als eine völlig erwiesene Thatsache hingestellt und nicht bloſs dies, sondern auch Regeln und Instrumente zum Messen derselben angegeben.

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. I, 253.

Noch früher wurde die Thatsache in Deutschland anerkannt, aber wie es oft geht, von hier aus wenig oder gar nicht ins Ausland gefördert. **Georg Hartmann**, geb. 1489 zu Eckoltsheim bei Bamberg und gest. 1564 als Vikar an der St. Sebaldus-Kirche zu Nürnberg, war ein Mann, der Italien bereist hatte, sich viel mit der Verfertigung von Astrolabien, Sonnenuhren und dergl. Instrumenten beschäftigte, auch 1540 den Kaliberstab zur Bestimmung des Kugelgewichts bei Geschützen erfand, und die Perspectiva communis des **Joh. Pisani** 1542 übersetzt herausgab. Wie **Levin Hulsius** aus Gent, der 1590 nach Nürnberg kam und daselbst 1597 eine *Descriptio et usus viatorii et horologii solaris* veröffentlichte, in diesem Werke angiebt, hat **Hartmann** schon 1536 beobachtet, dafs zu Nürnberg die Deklination $10\frac{1}{4}^0$ betrage [1]. In einem Brief an den wissenschaftlich gebildeten Herzog Albrecht von Preufsen, der vom 4. März 1544 datirt, sagt **Hartmann** ebenfalls, dafs die Abweichung zu Nürnberg 10^0 betrage, dafs sie aber in etlichen Ländern nur 6^0 sei, wie er dies selbst zu Rom beobachtet habe. [2]

Auch **Orontius Finaeus** (Oronce Finé), Prof. zu Paris, ein zu seiner Zeit berühmter aber doch ziemlich mittelmäfsiger Mathematiker, indem er in dem Glauben stand, die Quadratur des Zirkels gefunden zu haben, beobachtete im J. 1550 die Deklination zu Paris, und fand sie gleich 8^0.

Endlich schenkten auch die Engländer den Phänomenen des Erdmagnetismus ihre Aufmerksamkeit, und leisteten bald mehr als alle anderen Völker zu deren genauerer Erforschung. Im J. 1580 veröffentlichte der englische Künstler **Robert Norman**, zugleich ein erfahrener Seemann, unter dem Titel *The new attractive* ein Werkchen, worin er nicht nur weitläufig von der magnetischen Abweichung redete, sondern auch den ersten Schritt zu einer richtigen Ansicht von der Ursache derselben that.

---

[1] Fischer, Gesch. d. Phys. I, 253.
[2] Dove, Repertorium II, 129.

Im Allgemeinen glaubte man, es sei die Anziehung eines Punktes am Himmel, welche der Magnetnadel ihre Richtung gebe; das war u. A. die Ansicht von **Columbus**. Der berüchtigte **Paracelsus** (gest. 1541 zu Salzburg) verlegte diesen Punkt in das Sternbild des grofsen Bären, dasselbe that **Cardane**, und der genannte **Martin Cortez** liefs den Anziehungspunkt am Himmel sich bewegen. **Norman** hatte nun in sofern eine richtigere Ansicht, als er den anziehenden Punkt in die Erde verlegte, eine Ansicht, in der er einigermafsen einen Vorgänger in dem berühmten Arzt und Mathematiker **Fracastoro** zu Verona hatte, indem derselbe in den nördlichen hyperboreischen Gegenden Gebirge mit gewaltigen Eisenmassen fingirte, welche auf die Kompafsnadeln wirken sollten. Aehnliches sagte **Olaus Magnus**, ein Schwede, der von 1490 bis 1558 lebte und in Rom starb. Derselbe fabelte, es wären am Nordpol ganze Berge, die einen solchen Magnetismus äufserten, dafs man daselbst nur Schiffe mit hölzernen Nägeln brauchen könne, indem eiserne Nägel aus den Schiffsplanken herausgezogen würden.

In der dritten Auflage des normanschen Werks, die einige Jahre nach 1580 erschien, gab ein gewisser **William Burroughs**, Kontroleur bei der englischen Marine, ein Verzeichnifs der damals bekannten Abweichungen für verschiedene Punkte der Erdoberfläche und machte zugleich, was bemerkenswerth ist, den Versuch die Deklination an verschiedenen Orten durch eine Formel auszudrücken. Natürlich mufste der Versuch scheitern, da man selbst jetzt, nach so vielen tausend Beobachtungen an verschiedenen Punkten der Erde, noch nicht zur genügenden Lösung dieses Problems gelangt ist.

Einige Jahre darauf äufserte auch **Porta** in seiner Magia naturalis von 1589 einen ähnlichen Gedanken. Er wufste, dafs die Deklination zu seiner Zeit in Italien 9° östlich, bei den Azoren 0° und in Westindien westlich sei. Er meinte nun, wenn man einen grofsen Kompafs mache, etwa von 10 Fufs Durchmesser, und diesen einmal

auf einer Reise quer durch das Atlantische Meer genau beobachte, so könne man mittelst des Kompasses die geographische Länge auf dem Meere finden. Diese Idee ist später mehrmals wieder aufgetaucht, bis sie sich denn bei genauerer Kenntnifs der Deklinationsverhältnisse als ganz unpraktisch erwies.

120. Bis dahin hatte man die magnetische Deklination zwar als ungleich an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche erkannt, hielt sie aber doch für konstant an einem und demselben Ort. Diese Ansicht sollte indefs bald umgestofsen werden durch **Henry Gellibrand**, Prof. der Astronomie am Gresham College zu London, der 1636 im 39. Jahre seines Lebens starb. Als dieser nämlich seine eigenen Beobachtungen zu London mit denen verglich, die früher daselbst von seinem Vorgänger **Gunter** und von **Norman** angestellt waren, fand er, dafs die Deklination daselbst beträchtlich im Abnehmen begriffen war, denn

Norman beobachtete im J.	1576 :	11° 15'	östl.
Gunter - -	1622 :	6° 12'	-
Gellibrand - -	1634 :	4° 5'	-

Gellibrand veröffentlichte seine Entdeckung 1635 zu London in einer Schrift: *A Discourse mathematical on the variation of the magnetic needle*, zu nicht geringer Bestürzung der Seefahrer, die dadurch sehr in dem Glauben an die Zuverlässigkeit des Kompasses erschüttert wurden. Ein gewisser **Bond**, Lehrer der Mathematik zu London, suchte sie zwar zu trösten, indem er 1650 in seinem *Seaman's Kalendar* eine Formel aufstellte, nach welcher er glaubte die Veränderungen der Deklination im Voraus berechnen zu können, allein es zeigte sich bald, dafs sie selbst für London nur annähernd richtig war.

Der oben genannte **Edmund Gunter**, geb. 1581, gest. 1626, war Prof. der Astronomie am Gresham College zu London. Er erfand die Mefskette und den logarithm. Rechenstab, und soll bereits 1622 vor **Gellibrand** die Veränderung der magnetischen Deklination entdeckt haben.

Uebrigens muſs ich noch bemerken, daſs man auch zu Paris Beobachtungen anstellte, aus welchen sich die in Rede stehenden Veränderungen gleichfalls ergaben, denn es beobachteten:

Sennertus und **Offucius**	im J.	1580 :	11° 30′ östl.
Nautonnier	-	1603 :	8° 45′ -
Petit	-	1630 :	4° 30′ -

Allein man unterlieſs es, irgend einen Schluſs aus diesen Beobachtungen zu ziehen, und daher gehört denn auch die Entdeckung der säkulären Variation der magnetischen Abweichung keinem andern als **Gellibrand**, eine Entdeckung, die dadurch ihre Bestätigung fand, daſs die Magnetnadel in ihrer fortwährenden Annäherung an den Meridian denselben im J. 1660 für das nordwestliche Europa erreichte, und von nun an mit ihrem Nordende nach Westen abwich, in welcher Bewegung sie im März 1819 ihr Maximum erreichte, für welches Oberst **Beaufoy** zu Bushey Heath bei Stanmore in England im März 1819 durch eine fortgesetzte Reihe von Beobachtungen 24° 41′ 42″ West. fand.

Seit diesem Jahr nimmt die Deklination in England und den benachbarten Ländern wieder ab, und wenn diese Abnahme gleichen Schritt mit der Zunahme hält, würde die Magnetnadel im J. 1978 wieder genau nach Norden zeigen.

Sonach umfaſste die Kenntniſs des Erdmagnetismus am Ende des ersten Drittels vom XVII. Jahrhundert folgende drei Thatsachen:

1) die Deklination überhaupt; 2) ihre Verschiedenheit an verschiedenen Orten der Erde, und 3) die Veränderung derselben an einem und demselben Ort, d. h. die säkulären Veränderungen oder diejenigen, die so langsam mit der Zeit fortschreiten, daſs man ihre Periode noch nicht hat bestimmen können, oder die überhaupt noch unentschieden lassen, ob sie eine Periode haben. Die eigentlich periodischen, die täglichen und jährlichen Variationen sowie die anomalen plötzlichen wurden erst später entdeckt.

121. Alles dieses gilt von dem horizontalen Theil der erdmagnetischen Kraft, da die Kompaſsnadel vermöge ihrer Konstruktion, mag nun die Nadel auf Wasser schwimmen oder auf einem Stifte schweben, nicht füglich oder nicht bedeutend von einer andern als horizontalen Kraft afficirt werden kann. Nun wissen wir gegenwärtig, daſs die erdmagnetische Kraft nur an verhältniſsmäſsig wenigen Punkten der Erdoberfläche horizontal ist, daſs diese Punkte auf einer Linie liegen, die in der Nähe des Aequators die ganze Erde in unregelmäſsiger Gestalt umschlingt, und daſs von dieser Linie aus nach den Polen hin die erdmagnetische Kraft mit dem Horizont einen immer gröſseren Winkel bildet.

Dieses Phänomen hätte wohl schon von den Seefahrern am Ende des XV. und zu Anfang des XVI. Jahrhunderts entdeckt werden können, da sie zum Theil in ziemlich hohe Breiten kamen, wie **Bartholomäus Diaz** 1486, **Vasco de Gama** 1497 und **Magelhaens** 1519. Man hat indeſs keine Nachricht, daſs sie es beobachteten; oder falls sie beobachteten, daſs die Kompaſsnadel herabneigte, so haben sie es nicht weiter beachtet, und sich vielleicht geholfen, wie es jetzt wohl die Schiffer zu thun pflegen, daſs sie ein Stückchen Wachs oder sonst eine kleine Masse an die Magnetnadel kleben, um sie wieder in die horizontale Lage zurück zu führen.

Der erste, welcher, soviel man weiſs, die Neigung der Magnetnadel beobachtet hat und von ihr Nachricht giebt, der also als Entdecker der Neigung oder Inklination der erdmagnetischen Kraft betrachtet werden muſs, ist der schon erwähnte **Hartmann** (§ 119). In dem Brief, den er am 4. März 1544 an den Herzog Albrecht von Preuſsen schrieb, heiſst es nämlich:

Zu dem Andern finde ich auch dieses an dem Magneten, daſs er sich nicht allein wendet von der Mitternacht und lenket sich gegen den Aufgang um 9° ungefähr, wie ich es gemeldet habe, sondern er zeigt auch unter sich. Nun beschreibt er sein Verfahren, *wobei denn das Züngele des*

Kompaſs um etwa 9° fiel[1]. Das Verfahren **Hartmann**'s war indeſs sehr unvollkommen, wohl hinreichend das Dasein der Neigung zu erweisen, aber keineswegs tauglich die Gröſse derselben auch nur annähernd zu messen, wie denn auch sein Resultat natürlich sehr bedeutend von der Wahrheit abweicht, 9° statt 70°!

Erst 33 Jahre später wurde die Inklination genügender beobachtet, und zwar von **Robert Norman**. Als derselbe bei Anfertigung von Kompaſsnadeln die Beobachtung von **Hartmann** machte, wurde er auf die Konstruktion des Inklinatoriums geführt, welches er zuerst im J. 1576 verfertigte[2]. Die Magnetnadel dreht sich bei diesem Instrument um eine horizontale Axe, welche möglichst genau durch den Schwerpunkt der Nadel geht, so daſs diese, wenn sie in der richtigen Vertikalebene aufgestellt ist, frei der Richtung der magnetischen Kraft folgen kann. Mit Hülfe dieses Instruments gab **Norman** im J. 1576 für London eine Bestimmung, die vermuthlich nicht sehr von der Wahrheit abwich. Er fand die Neigung 71° 50'.[3] — Die erste Neigungsbeobachtung in Paris wurde 1671, und 1755 die erste in Berlin und wohl auch zugleich in Deutschland gemacht.

Norman fand auch die beachtenswerthe Thatsache, daſs durch die Magnetisirung des Stahls dessen Gewicht nicht geändert wird.

122. Bis zum Ende des XVI. Jahrhunderts beschränkte sich die Kenntniſs von der Inklination auf das bloſse Dasein derselben, von welcher übrigens, beiläufig gesagt, die Chinesen, welche doch die Deklination so frühzeitig beobachteten, niemals Kunde erhalten zu haben scheinen. Aber bald sollte auch hier der Gesichtskreis erweitert werden und zwar durch den Mann, der in der Geschichte des Magnetismus eine ähnliche Rolle spielt

---

[1] Dove, Repertorium II, 130.

[2] Musschenbroek, Dissertatio de Magnete, in Diss. phys. et geometr. I, 189.

[3] Ibid. p. 67.

wie **Galilei** in der übrigen Physik, namentlich in deren mechanischem Theil, dies ist:

William Gilbert geb. zu Colchester 1540, gest. 1603 zu London. Nachdem er seine Studien zu Oxford und Cambridge vollendet hatte, besuchte er das Ausland und liefs sich dann 1573 als Arzt in London nieder, wo er bald in solchen Ruf kam, dafs die Königin Elisabeth ihn zu ihrem Leibarzt wählte, und ihm überdies ein Jahrgehalt zur Betreibung seiner wissenschaftlichen Untersuchungen aussetzte, welches er auch unter Jakob I. behielt, aber nicht lange, da er bald nach dessen Regierungsantritt verschied.

Es ist sehr wahrscheinlich, dafs **Gilbert** in wissenschaftlichem Verkehr stand mit Lord Baco, da dieser um dieselbe Zeit bei der Königin Elisabeth sehr angesehen war, und daraus würde sich auf eine ungezwungene Weise die Aehnlichkeit in Ansichten und Sprache erklären, die man in den Schriften beider Männer bemerkt haben will. Man mufs indefs gestehen, dafs **Gilbert**, wenn auch nur für einen einzelnen Zweig der Physik, die Grundsätze, welche **Baco** predigte, viel wirksamer ausübte als dieser, und für seine Zeit ein höchst ausgezeichneter Physiker genannt werden mufs. Wir besitzen von ihm ein Werk: *De magnete magneticisque corporibus et de magno magnete tellure Physiologia nova*, *Londini 1600*, welches davon ein glänzendes Zeugnifs ablegt. Es ist das erste seiner Art, mit Klarheit geschrieben und voll sinnreicher Versuche, welche zeigen, dafs sein Verfasser den Werth experimenteller Untersuchungen in vollem Mafse erkannte. Sonderbarer Weise hat es aber in der ersten Zeit in England weniger Aufsehn gemacht als im Ausland, denn während dort bis 1628 nur zwei Ausgaben in lateinischer Sprache herauskamen, erschienen deren in Holland und Deutschland fünf; ich selbst besitze eine von 1633 in Stettin gedruckt von Wolfgang Lochmann.

Ein anderes Werk von **Gilbert** ist: *De mundo nostro sublunari Philosophia nova*, *Amstelodami 1651*, welches nach

seinem Tode erschien und ein Versuch ist, an Stelle der aristotelischen Philosophie eine neue bessere aufzustellen.

Gilbert macht zunächst dadurch Epoche in der Geschichte des Magnetismus, namentlich des tellurischen, dafs er zuerst die Idee aussprach, die Erde sei ein grofser Magnet, welcher Pole habe wie ein gewöhnlicher Stahlmagnet. Er entwickelt ausführlich, dafs die Ursache der Richtung der Kompafsnadel nicht am Himmel zu suchen sei, auch nicht in zufälligen Eisenmassen der nördlichen Gebirge, sondern dafs sie dem Erdkörper als Gesammtheit zukomme.

Diese grofse und richtige Idee giebt **Gilbert** ein volles Recht als Entdecker des tellurischen Magnetismus betrachtet zu werden. Um die Analogie der Erde mit einem Magneten darzuthun, konstruirte er einen kugelförmigen Stahlmagneten, welchem er den noch jetzt gebräuchlichen Namen Terella beilegte. Mittelst einer solchen Terella, an welcher er eine an einem Faden hängende Magnetnadel herumführte, suchte er nun anschaulich zu machen, wie die Richtung der erdmagnetischen Kraft von Ort zu Ort sich verändern müsse.

Gewifs gereicht es ihm sehr zur Ehre, dafs er zu einer Zeit, da aufser London noch an keinem Ort der Erdoberfläche Inklinationsbeobachtungen angestellt waren, bereits divinirte, dafs die Inklination nicht überall dieselbe sei, sondern von dem Aequator nach den Polen hin wachse. Erst fünf Jahre nach seinem Tode wurde diese Divination bestätigt durch **Hudson**, den berühmten Entdecker der Hudsonsbay; denn als dieser im J. 1608 unter 75° 22′ nördl. Br. die Inklination mafs, fand er sie 89° 30′, während sie zu London von **Norman** im J. 1576 = 71° 50′, und von **Gilbert** selbst im J. 1600 = 72° gefunden war.

Baffin fand sie später im J. 1613 unter 65° 45′ nördl. Br. nur 63° 30′, allein sein Instrument war fehlerhaft, es gab für London nur 54°, es zeigte indefs doch einen Zuwachs.

123. Bei der geringen Zahl von Beobachtungen, die Gilbert zu Gebote standen, war es wohl nicht zu verwundern, daſs er mit der im Ganzen richtigen Idee auch noch manche Irrthümer verband. Zu diesen gehörte u. A., daſs er glaubte, die magnetischen Pole der Erde fielen mit den geographischen zusammen, und der magnetische Aequator mit dem geographischen, während wir wissen, daſs dies nicht der Fall ist, und namentlich der magnetische Aequator keinen gröſsten Kreis darstellt, sondern eine ziemlich unregelmäſsige Linie; auch verlegte er die Pole an die Enden der Erdaxe in die Oberfläche der Erde.

Aus diesem Irrthum entsprang bei Gilbert der andere, daſs er meinte, man könne aus der Inklination der Magnetnadel die geographische Breite oder Polhöhe der Orte finden. Dieser Irrthum ist um so auffallender, als Gilbert andererseits sehr wohl einsah, daſs die Deklination der Nadel nicht zur Bestimmung der geographischen Länge dienen könne. Er widerlegt Porta in dieser Beziehung ausführlich und bemerkt ganz richtig, daſs wenn man auch experimentell die Veränderungen der Abweichung unter einem Parallelkreis ganz genau ermittelt habe, man daraus allgemein noch nicht die geographische Länge herleiten könne, weil jene Veränderungen unter jedem Parallel verschieden seien, in nördlichen Breiten viel gröſser als unter südlicheren.

Man kann vielleicht fragen, wie Gilbert die Verschiedenheit der Deklination auf einem und demselben Parallel oder überhaupt die Deklination mit seiner Theorie von der Koincidenz der magnetischen und geographischen Pole zu vereinigen wuſste. Die Antwort darauf ist, daſs er neben der Hauptmagnetaxe, welche er der Erde beilegte, noch störende Einflüsse annahm, hervorgehend aus der unregelmäſsigen Gestalt des festen Erdkörpers, den er allein als magnetisch ansah, und nicht das Wasser! In der Mitte des Oceans, sagte er, muſs die Deklination null sein, weil da gleichsam Amerika und Europa einander das Gleichgewicht halten, näher an Europa ist sie östlich, näher an Amerika

ist sie westlich, weil da die Wirkung des einen und des anderen Kontinents überwiegt.

Diese Ansicht stimmte mit den Erfahrungen, die zu **Gilbert's** Zeit bekannt waren, in der Hauptsache überein, aber die spätere Entdeckung der Veränderlichkeit der Deklination an einem und demselben Ort hat sie natürlich über den Haufen werfen müssen.

124. **Gilbert**, der, was ihm gleichfalls zur Ehre gereicht, ein Anhänger der kopernikanischen Lehre war, untersuchte auch die Frage, ob wohl der Magnetismus der Erde die Ursache ihrer Axendrehung sei; er kam indefs zu dem Resultat, dafs dies nicht der Fall sein könne, und dafs überhaupt die Ursache der Axendrehung der Erde unbekannt sei. Ich führe dies an, weil man **Gilbert** hat andichten wollen, er habe geglaubt, die Erde drehe sich vermöge ihres Magnetismus um ihre Axe. Freilich führt er an, **Petrus Peregrinus** behaupte, ein kugelförmiger Magnet, der in seinen Polen aufgehängt sei, drehe sich in 24 Stunden einmal um seine Axe, allein er setzt auch hinzu, der Versuch habe ihm nicht gelingen wollen.

Es fehlte daher auch noch, dafs ein späterer Physiker **Petit** ebenfalls diesen Versuch als irrig bezeichnete, und dadurch dem Jesuiten Pater **Grandami** zu einer schlechten Demonstration gegen die Bewegung der Erde Anlafs gab. Dieser Mann schlofs nämlich in seiner *Nova demonstratio immobilitatis terrae petita ex virtute magnetica, La Flèche 1645* also: Die Erde ist ein Magnet, ein Magnet dreht sich nicht in 24 Stunden um seine Axe, folglich thut es die Erde auch nicht!

Zu **Gilbert's** Zeiten lag die Mechanik des Magneten noch ganz in ihrer Kindheit, oder vielmehr sie war noch gar nicht geboren. Daher dürfen wir uns denn auch nicht wundern, wenn er über Erscheinungen nicht ins Reine kommen konnte, die uns heute sehr einfach dünken. So z. B. hatte ihn **Norman** den Versuch gelehrt, dafs eine Stahlnadel, vorsichtig auf die Oberfläche von Wasser gelegt, schwimmen bleibt, und dabei, wenn sie zuvor magnetisch

gemacht war, eine konstante Richtung annimmt. Hierbei wirft nun **Gilbert** die Frage auf, warum die Nadel sich blofs richte und nicht auch zugleich nach Norden schiffe? Er weifs sich diese Frage nicht anders zu beantworten, als dafs er eine Richtkraft und eine Anziehungskraft der Erde unterscheidet und annimmt, die Richtkraft sei stärker als die Anziehungskraft. Dafs jeder Pol der Nadel von beiden Erdpolen angegriffen wird, dafs die anziehende wie die abstofsende Wirkung eines jeden Erdpols auf die beiden Nadel-Enden gleich stark ist wegen der verschwindenden Kleinheit der Nadel gegen die Entfernung der Erdpole, dafs somit beide Pole der Nadel von gleichen, aber entgegengesetzten Kräften getrieben werden, die wohl eine Drehung, aber keine Verschiebung bewirken können, das alles waren für **Gilbert** noch unbekannte Dinge.

125. **Gilbert** wufste, wie übrigens schon **Porta** und selbst **Hartmann**, dafs die Pole zweier Magnete, die nach gleicher Weltgegend zeigen, einander abstofsen, und die, welche nach entgegengesetzter Weltgegend zeigen, einander anziehen. Aus diesem Grunde nannte er denjenigen Pol der Magnetnadel, der nach Norden zeigt, den Südpol, und umgekehrt. Diese Nomenklatur ist ganz konsequent. Wenn man den im Norden der Erde befindlichen Pol einmal Nordpol nennen will, so mufs der von ihm angezogene Pol der Nadel Südpol heifsen; daher ist denn auch diese Nomenklatur bis in neuere Zeiten von mehreren französischen Physikern angenommen worden. In Deutschland dagegen hat sie nie Eingang gefunden, wir nennen den nach Norden zeigenden Pol der Magnetnadel ihren Nordpol.

Eine andere Eigenthümlichkeit der Gilbert'schen Nomenklatur ist, dafs er die Deklination oder Abweichung mit dem Namen Variation belegte, und dafs er Deklination nennt, was bei uns Inklination heifst. Durch den letzteren Umstand sind wohl spätere Schriftsteller verleitet worden, dem **Norman** die Entdeckung der Deklination in unserm Sinne zuzuschreiben, während er doch nur auf die der Inklination Anspruch machen kann. Die Neigung der

Magnetnadel gegen den Horizont wird jetzt durchgängig von allen Völkern Inklination genannt, dagegen ist es noch heut zu Tage bei den Engländern, namentlich den Seefahrern, ganz allgemein Sitte, die Abweichung von dem Meridian Variation zu nennen.

126. Recht unterrichtet war **Gilbert** hinsichtlich der Wirkung des Erdmagnetismus auf weiches Eisen.

Er wufste, dafs jeder Eisenstab senkrecht gehalten zu einem Magnet wird, der seinen Nordpol (**Gilbert**'s Südpol) am unteren Ende hat. Er giebt dies jedoch nicht für seine Erfindung aus, sondern sagt vielmehr, dafs man die Thatsache zuerst in Mantua beobachtet habe an der Stange der Wetterfahne auf dem Thurm eines Augustinerklosters. Allein **Gilbert** hat das Verdienst, die Ursache dieser Erscheinung zuerst eingesehen, und durch einige recht sinnreiche Versuche erläutert zu haben. Er zeigte, dafs ein über dem Südpol eines Magneten senkrecht gehaltener Eisenstab unten einen Nordpol und oben einen Südpol bekomme; ferner, dafs ein Eisenstab, um von der Erde magnetisirt zu werden, nicht nothwendig senkrecht stehen müsse, dafs er auch schief gehalten werden könne, ja, dafs er in Richtung der Neigungsnadel noch stärker magnetisch werde als in senkrechter Richtung. Endlich beobachtete **Gilbert** auch, dafs Eisenstäbe die magnetische Kraft schon dadurch annehmen, dafs sie der Länge nach einige Zeit im magnetischen Meridian verbleiben.

Hiermit waren **Gilbert**'s Kenntnisse über den Erdmagnetismus noch nicht erschöpft. Er wufste, dafs Eisenstäbe durch Hämmern magnetisch werden, dafs sie aber dabei im magnetischen Meridian liegen müssen; ferner dafs der Magnetismus eines Stahlstabes durch Glühen zerstört wird, dafs er aber wieder zum Vorschein kommt, wenn man den Stab im magnetischen Meridian erkalten läfst.

Aus diesem Allen erhellt, dafs **Gilbert** die Wirkung der Erde auf weiches Eisen und Magnete sehr gut kannte, und dafs es bei ihm nicht eine hingeworfene Idee, sondern eine aus den Versuchen mit Ueberlegung gezogene In-

duktion war, wenn er den Erdkörper für einen grofsen Magneten erklärte.

127. Ebenso hatte **Gilbert** von den künstlichen Magneten und deren Wirkungen Kenntnisse, welche für die Zeit recht genügend waren. So wufste er u. A., um nur einiges anzuführen:

dafs die Wirkung der Magnete sich durch alle Körper hin erstrecke; durch einen langen Eisendraht weiter als durch die Luft;

dafs ein Magnetpol beim Streichen über Stahl und Eisen immer den entgegengesetzten Pol hervorrufe. Dies wufste jedoch schon **Porta** und vor ihm **Hartmann**. Was indefs **Porta** vom Magneten in seiner Magia naturalis sagt, soll nach Pater **Cabeo** von dem Jesuiten **Leonardo Gazzoni** stammen, der 1592 in seiner Vaterstadt Venedig starb, und eine unedirte Schrift über den Magneten verfafst hat[1];

dafs ein Magnetstab nach dem Zersägen lauter kleine Magnete von gleicher Richtung darstelle;

dafs sich die Kraft eines natürlichen Magneten durch eine sogenannte Armatur oder Bewaffnung von weichem Eisen verstärken lasse;

dafs ein Magnet an Eisen mehr trage als von irgend einer anderen Last. Er gab dafür auch den richtigen Grund an und legte damit dar, dafs es dem Magneten nicht einerlei sei, ob er 100 Pfund Steine oder Eisen tragen soll.

Ferner hat sich **Gilbert** auch dadurch verdient gemacht, dafs er bei vielen seiner Versuche die so zweckmäfsige Aufhängung der Magnetnadel an einem feinen Faden anwandte, und mehrere Methoden angab, die magnetische Deklination mit einer für die Zeit recht schätzenswerthen Genauigkeit zu bestimmen.

Gilbert hat auch durch mancherlei Erörterungen und Versuche die Verschiedenheit des Magnetismus und der Elektricität darzuthun gesucht. Er hat das Wort elek-

---

[1]) Tiraboschi, Storia della lett. ital. VIII, 367.

trisch in die Wissenschaft eingeführt, und auch das Gebiet der Elektricitätslehre erheblich erweitert, wie bei dieser zur Sprache kommen wird.

Wie sehr **Gilbert** seine Zeit überragte, geht am besten aus den Werken derer hervor, die in den ersten Decennien nach ihm über den Magnetismus schrieben. Sie haben im Grunde gar nichts zur Erweiterung dieses Zweiges der Physik beigetragen, doch sind zwei Männer darunter, die neben den wunderlichen Hypothesen, welche sie sich über die Ursache der Magnete erdachten, auch einige Versuche anstellten, und diese will ich denn hier zum Schlusse dieses Abschnitts noch namhaft machen.

128. Nicolo Cabeo (Cabaeus), Jesuit, geb. 1585 in Ferrara und gest. 1650 in Genua. Seiner wurde bereits im vorigen § gedacht. Wir haben zwei Werke von ihm: *Philosophia magnetica, Ferrariae 1639*, und einen Kommentar zur Meteorologie des Aristoteles, Rom 1646.

In dem ersten Werk, dessentwegen er hier zu erwähnen ist, finden sich allerdings viele Versuche mit der Magnetnadel beschrieben, aber darunter ist keiner, der etwas erheblich neues lehrte; die guten sind lediglich Wiederholungen von denen **Gilbert**'s, dessen Werk er kannte. In welchem Geist das zweite geschrieben ist, erhellt am besten aus der Theorie, die darin von der Ebbe und Fluth aufgestellt wird. **Cabeo** meint, diese entständen aus spirituösen Substanzen, die durch eine besondere Kraft des Mondes auf dem Grunde des Meeres erregt würden. Da war denn doch des **Furnerius** Theorie noch einfacher, da er die Erscheinung für ein Geheimnifs der Natur erklärte.

Der andere Pater **Athanasius Kircher**, unser Landsmann, war freilich auch kein Physiker ersten Ranges, aber er steht doch an Gelehrsamkeit und Geistesgewandtheit weit über **Cabaeus**. Er war geboren 1602 zu Geifs im Fulda'schen, trat 1618 in den Orden der Jesuiten und ward Professor der Mathematik, Philosophie und orientalischen Sprachen in Würzburg. Durch die Waffen der Schweden

hier gestört, begab er sich nach Avignon, wo er bei den reichen Jesuiten mehrere Jahre den Studien oblag. Eben wollte er nach Deutschland zurückkehren, als ihn der Papst nach Rom berief, wo er anfangs am Collegio romano Mathematik lehrte, später ohne Anstellung seinen wissenschaftlichen Arbeiten lebte und im J. 1680 starb.

Kircher war einer der gelehrtesten Männer seiner Zeit und seines Ordens, ein wahrer Polyhistor, denn er schrieb über Philosophie, Mathematik, Physik, Mechanik, Naturgeschichte, Philologie, Geschichte und noch manches andere, aber freilich mehr multa als multum, und sind seine Schriften, vornehmlich die physikalischen alle entsetzlich weitschweifig. Das Werk, welches mir Veranlassung giebt hier von **Kircher** zu reden, hat den Titel: *Magnes sive de arte magnetica etc. Colon. Agripp. 1634*; auf die übrigen werde ich später zurückkommen (§ 192).

Von dieser Ars magnetica gilt im Speciellen, was ich eben von den Werken **Kircher's** überhaupt sagte; es ist sehr weitschichtig und enthält des Guten sehr wenig. Hierzu möchte gehören:

ein Verfahren mittelst einer Wage die Stärke oder Tragkraft eines Magneten zu bestimmen;

die Beobachtung, daſs auch glühendes Eisen noch vom Magneten angezogen wird;

die Beobachtung eines seiner Freunde, daſs nach einem Ausbruch des Vesuvs eine groſse Veränderung in der Abweichung der Magnetnadel eingetreten sei.

Daneben findet sich auch eine groſse Zahl von Instrumenten und Spielereien beschrieben, welche auf Anwendung des Magneten beruhen. Darunter tritt auch die Idee hervor, seine Gedanken durch den Magneten einer meilenweit entfernten Person mitzutheilen, eine Idee, welche in die Ars magnetica aus **Leurechon's** *La récréation mathématique 1624* übergegangen ist[1]). **Leurechon** war Jesuit

---

[1]) Poggend. Ann. LXXXII, 335.

und Prof. im Kloster zu Bar-le-Duc, und starb 1670 zu Pont-à-Mousson (§ 113).

Wie es übrigens mit **Kircher's** wissenschaftlichen Kenntnissen vom Magneten beschaffen war, mag u. A. daraus erhellen, daſs er als Verstärkungsmittel der Kraft eines Magneten empfiehlt, denselben zwischen getrocknete Blätter von Isatis sylvatica einzupacken. Darin wird er selbst von seinem Vorgänger **Porta** beschämt, denn dieser widerlegt schon die von **Plutarch**, **Plinius** und Andern überlieferten Märchen, daſs der Magnet durch Bestreichen mit Knoblauchssaft oder durch die Gegenwart eines Diamanten seine Kraft verliere, und daſs man sie ihm wiedergeben könne, wenn man ihn mit Bocksblut bestreiche, das überdies die Eigenschaft habe, den Diamanten mürbe zu machen.

In solchen Dingen muſs man es indessen mit den Schriftstellern des XVI. und XVII. Jahrhunderts nicht so genau nehmen, wir werden weiterhin sehen, daſs der hochberühmte und in schönen Erfindungen glückselige Pater **Kircher**, wie ihn einer seiner Zeitgenossen nennt, doch auch mitunter ganz gescheute Gedanken hatte. Nur ein Physiker im wahren Sinne des Wortes war er nicht, und namentlich darf er beim Magnetismus nicht **Gilbert** zur Seite gestellt werden, dessen Arbeiten immer den Charakter ernster Wissenschaftlichkeit an sich tragen.

Nachfolger Galilei's.

129. **Galilei's** Wirksamkeit in der Wissenschaft ist eine wahrhaft epochemachende gewesen. Nicht bloſs, daſs er durch Lehre und Beispiel, durch Achtung gebietende Persönlichkeit und hohe Stellung in der Welt, wie nicht minder durch seine merkwürdigen Lebensschicksale einen bis dahin unerhörten Einfluſs auf die Zeitgenossen errang, übte er diesen auch durch die glänzenden und wichtigen Resultate seiner Forschung in nicht geringerem Grade auf die Folgezeit aus.

Wenn irgend etwas das Aufserordentliche dieses Mannes augenfällig darzuthun vermag, so ist es eben die tiefe Furche, welche er in dem Entwickelungsgang der Wissenschaft gezogen hat. In der That ist bei Weitem die Mehrzahl der Arbeiten der Physiker in der zweiten Hälfte des XVII. Jahrhunderts durch Galilei's Untersuchungen angeregt oder aus ihnen hervorgegangen. Sie bilden gleichsam den Mittelpunkt, von dem aus das Gebiet der Physik nach seinen verschiedenen Richtungen hin erforscht wurde, und wie sie vorzugsweise die mechanischen Probleme unserer Wissenschaft ins Auge gefafst hatten, so war auch das Streben der nächst folgenden Decennien hauptsächlich auf die Lösung dieser Aufgaben gerichtet. Ja diese Richtung, die mit der Ausbildung der Mathematik Hand in Hand ging und ihr wesentlich zur Stütze gereichte, prädominirt in der Physik über ein volles Jahrhundert nach Galilei's Tode.

Es mag freilich darin eine gewisse Nothwendigkeit gelegen haben, indem diese Seite der Wissenschaft leichter ohne einen reichen Schatz von speciellen Thatsachen und experimentellen Hülfsmitteln, den Früchten einer vieljährigen Erfahrung, kultivirt werden kann, aber es ist doch nicht zu läugnen, dafs Galilei hierzu den ersten erfolgreichen Anstofs gegeben hat, dafs er zuerst eine Klasse von Untersuchungen eröffnete, die erledigt sein mufste, ehe die übrigen Zweige der Physik wissenschaftlich bearbeitet werden konnten.

Unter den Gegenständen, welchen Galilei seine Thätigkeit zugewandt hatte, waren es vorzugsweise zwei, durch welche die Zeitgenossen mächtig angeregt wurden: einerseits das kopernikanische Weltsystem, und andererseits die Gesetze des Falles und überhaupt der Bewegung der Körper.

130. Siebenzig Jahre waren seit **Kopernikus** Tod verflossen, und noch hatte die Kunde von dessen neuer Weltordnung nicht den engen Kreis der Astronomen überschritten. Selbst **Keppler's** wichtige Gesetze, so sehr sie

die kopernikanische Lehre bestätigten, waren nicht im Stande ihr eine ausgedehntere Anerkennung zu verschaffen. Da trat **Galilei** auf, nahm sie öffentlich in Schutz, und ward dafür von der Inquisition zum Widerruf verdammt.

Von nun an waren Aller Augen auf das kopernikanische System gerichtet, und statt es vernichtet zu haben, hatte der römische Stuhl den Verdruſs, dasselbe durch seine Verurtheilung erst recht ausgebreitet zu sehn. In zahllosen Schriften entspann sich ein Krieg, der über ein halbes Jahrhundert dauerte, und selbst dann noch von einzelnen Plänklern fortgesetzt wurde, als **Newton** längst das Testament des frauenburger Domherrn mit seiner Gravitationstheorie untersiegelt hatte. Sollte man es glauben, daſs noch im J. 1731 ein helmstädter Physikus, der später als Praefectus horti medici nach Petersburg ging, gegen **Kopernikus** zu schreiben wagte, und doch war dem so! **Siegesbeck** hieſs dieser erleuchtete Mann, dessen Name sonst wohl nicht verewigt wäre [1]).

An Zahl hatten die Gegner der kopernikanischen Lehre bedeutend die Oberhand, besonders in der ersten Zeit und in Italien, wo natürlich die Uebermacht der römischen Kirche jede Opposition verstummen machte, zumal die meisten Naturforscher daselbst geistlichen Standes waren. Dies erklärt, daſs wir selbst Männer von nicht gewöhnlicher Begabung, wie **Scheiner** und **Riccioli**, in ihren Reihen streiten sehen; beide waren nämlich Jesuiten. Aber desto gewichtigere Stimmen erhoben sich für das neue System in Frankreich, England, Holland und Deutschland.

In Frankreich schwankte freilich anfangs die Sache, indem sich ein angesehener Astronom **Morin** gegen **Kopernikus** erklärte, und es durch seinen Einfluſs beinahe dahin brachte, daſs die Sorbonne, die erste wissenschaftliche Instanz des Landes, den Bannfluch des Papstes für Frankreich bestätigt hätte. Aber zwei höhere Autoritäten Des-

---

[1]) Montucla, Hist. des math. II, 301.

cartes und **Gassendi** überwogen den Einfluſs **Morin's**, und wenn auch **Gassendi** als Geistlicher sich nur zurückhaltend auszusprechen wagte, so trat dafür ein Dritter, der Abt **Boulliau** durch seinen *Philolaus*, *Amst. 1639* desto muthiger für **Kopernikus** und **Galilei** in die Schranken, die auch späterhin an einer Dame Dlle. **Dumée**, in deren *Entretiens sur l'opinion de Copernic touchant la mobilité de la terre, Paris 1680* eine herzhafte Vertheidigerin fanden.

Ebenso ging es in England, Holland und Deutschland, und wenn auch hier der päpstliche Stuhl an manchem Geistlichen einen gewandten Advokaten fand, so hatte dies nur zur Folge, daſs Männer von Ansehn sich der guten Sache desto mehr mit Wärme annahmen. So schrieb Dr. **Wilkins**, Bischof von Chester, seinen *Copernic defended 1660* in 2 Bänden, **Lipstorp**, Hofmathematiker in Weimar, seinen *Copernicus redivivus 1653,* und **Lansberg** jun. seinen *Anti-Aristarchi vindex 1632* in Erwiderung auf einen *Anti-Aristarchus 1631* des Dr. **Fromondus**, Prof. an der Universität zu Löwen.

Selbst Ungelehrte mischten sich in diesen Kampf, und beschämten durch ihre Urtheile manchen Hochstudirten. So der holländische Schuster **Rembrandsz** aus Nieuw-Nierop am Zuydersee, der sich in seiner *Nederduytsche Astronomia, Harlingen 1653* als ein entschiedener Anhänger von **Kopernikus** erwies, und auf den ein gelehrter Anti-Kopernikaner sehr mit Unrecht das bekannte: Ne sutor supra crepidam, anzuwenden versuchte [1]). Gewiſs hatte dieser Mann mehr natürlichen Verstand als der Dr. **Zimmermann**, Prof. d. Math. zu Heidelberg, der die streitenden Partheien dadurch versöhnen wollte, daſs er in seiner *Scriptura sacra copernizans, Francof. 1690* zu beweisen suchte, daſs die Bibel nicht gegen die Bewegung der Erde spräche.

Nach und nach legte sich die Hitze des Kampfes und in dem Maſse mehr, als durch **Huyghens**, **Newton** und anderer Koryphäen Arbeiten die Wahrheit der kopernika-

[1]) **Montucla**, Hist. des math. II, 341.

nischen Lehre immer klarer und folgenreicher hervortrat. Zur Ehre dieser Männer, so wie überhaupt der beiden gelehrten Körperschaften in Paris und London, die lange Zeit die höchste Autorität in der Wissenschaft ausübten, mufs auch gesagt werden, dafs sie nie anders an dem vieljährigen Streite Theil nahmen, als mit den Waffen des Experiments und der Analysis.

131. Nicht minder lebhaft waren die Diskussionen über die Fallgesetze **Galilei's**, worin die Gelehrten sich schon freier bewegen konnten, da die Kirche darin keine Gefahr für den Glauben erblickte. Auch auf diesem Felde hatte **Galilei** mehrere nicht talentlose Gegner, die indefs der Sache durch ihren Widerspruch nicht schadeten, vielmehr grade verstärkten Anlafs gaben, dafs die Richtigkeit der von dem grofsen Florentiner entdeckten Gesetze über allen Zweifel festgestellt wurde. Einer der ersten unter diesen ist:

Giambattista Baliani, ein genuesischer Patricier und Senator, der 1666 im 84. Lebensjahre starb [1]), ein Mann von Fähigkeiten und mathematischer Bildung, der aber von der Sucht geplagt ward, es dem **Galilei** gleich thun zu wollen. Kaum dafs **Galilei** irgend eine Entdeckung bekannt machte, so trat auch **Baliani** auf, um sie als sein Eigenthum in Anspruch zu nehmen.

So geschah es denn auch, dafs er 1638 mit einem Werk: *De motu naturali fluidorum et solidorum*, *Genuae* hervortrat, worin er sich fast alle Entdeckungen **Galilei's** im Gebiet der Bewegungslehre zuschrieb. Natürlich waren diese Ansprüche unbegründet. **Baliani** will selbst Fallversuche angestellt haben, aber seiner eigenen Aussage gemäfs, machte er sie erst 1611 zu Savona, während die galileischen schon vor 1600 vollendet wurden. Noch auffallender ist es, dafs er einige Jahre darauf 1646 in einer zweiten Auflage seines Werks alles wieder zurücknahm, seine und **Galilei's** Ansichten für gänzlich falsch erklärte,

[1]) Tiraboschi, Storia etc. VIII, 300.

und in Bezug auf den freien Fall der Körper ein anderes seiner Meinung nach allein richtiges Gesetz aufstellte.

Nach diesem Gesetz sollen die Körper in gleich grofsen auf einander folgenden Zeiten Räume zurücklegen, die sich verhalten wie die Zahlen 1, 2, 3, 4, 5... während diese Räume nach **Galilei** im Verhältnifs 1, 3, 5, 7, 9... d. h. der ungraden Zahlen stehen. Dafs **Baliani**'s Gesetz nicht das wahre ist und sein kann, bedarf wohl keiner Versicherung; dennoch fand dies Gesetz unter den Scholastikern Beifall, vielleicht aus Opposition gegen **Galilei**, während andere z. B. **Riccati** insofern **Baliani** in Schutz nehmen wollten, als sie behaupteten, er habe ein solches Gesetz nicht aufgestellt.[1])

132. Wichtiger für die Geschichte dieses Theils der Physik sind die Untersuchungen von **Riccioli** und **Grimaldi**, zweier Jesuiten, die ihre experimentellen Arbeiten meistens in Gemeinschaft ausführten.

Giovanni Battista Riccioli, der ältere von beiden, geb. zu Ferrara 1598, war Lehrer der Philosophie und Theologie in Parma und der Astronomie in Bologna, wo er auch 1671 starb. Er ist Verfasser verschiedener Werke, namentlich eines, das ihm grofsen Ruf verschafft hat, nämlich sein *Almagestum novum*, *Bononiae 1651*, sogenannt in Anspielung auf des **Ptolemaeus** Μεγαλη Συνταξις, welche in der 827 verfafsten arabischen Uebersetzung den Titel Almagest führte, und 1230 auf Kaiser Friedrichs II. Betrieb ins Lateinische übersetzt wurde.

Es ist das Almagestum novum ein Werk von grofsem Umfang, erstaunlichem Fleifs und ungeheurer Gelehrsamkeit, worin sich u. A. die Meinungen aller Astronomen, von den ältesten Zeiten bis zur Mitte des XVII. Jahrhunderts auseinander gesetzt finden. Darin ist auch die Beschreibung der Fallversuche enthalten, die er gemeinschaftlich mit **Grimaldi** in den Jahren 1640 bis 1650 anstellte, und von denen ich sogleich mehr sagen werde; auch finden

---

1) Tiraboschi, Storia etc. VIII, 301; Montucla, Hist. etc. II, 195.

sich verschiedene andere Beobachtungen in dem Werk, freilich nicht von großem Belang; eine Bestimmung der Höhe der Atmosphäre aus der Länge der Dämmerung nach der Methode von **Alhazen** mit Rücksicht auf die Brechung der Lichtstrahlen, wonach sich ihm die Höhe der Atmosphäre zu 30 Miglien ergab; ferner eine Luftwägung nicht besser als die von **Aristoteles**, denn er wog eine Ochsenblase ausgedrückt und aufgeblasen, und fand sie in letzterem Falle um 2 Gran schwerer, woraus er das Resultat ableitete, die Luft sei 1000 mal leichter als Wasser. Eigentlich mußte die Blase in beiden Fällen gleich schwer sein; denn wenn sie auch aufgeblasen von der äußeren Luft mehr verdrängte als zusammengepreßt, und dadurch um das Gewicht der verdrängten Luft leichter hätte sein müssen, so ist doch grade so viel Luft hineingeblasen als verdrängt, und folglich das Gewicht nicht geändert. Daß **Riccioli** die aufgeblasene schwerer fand, rührt ohne Zweifel daher, daß er beim Einblasen und Zubinden die innere Luft zusammendrückte.[1])

Riccioli ist auch bekannt durch eine mit **Grimaldi** in der Gegend von Modena angestellte Gradmessung, die aber ein bedeutend von der Wahrheit abweichendes Resultat lieferte, nämlich 62250 Toisen für den Grad, sie ist beschrieben in *Geographia et Hydrographia reformata, Bonon. 1661.*

Francesco Maria Grimaldi, geb. 1618 in Bologna und gest. 1663 ebendaselbst, ein sehr ausgezeichneter Kopf. Er hat die Optik mit zwei höchst wichtigen Thatsachen bereichert, von denen ich künftig noch näher reden werde, nämlich mit der Dispersion oder Farbenzerstreuung, und mit der Inflexion oder Beugung des Lichts in der *Physico-Mathesis de lumine, coloribus et iride aliisque adnexis libri duo, Bononiae 1665.*

Grimaldi war auch ein fleißiger Beobachter des Mondes, von welchem er eine Karte verfertigte, die von **Riccioli** in seinem Almagestum novum republicirt ist, und bei der

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. I, 423.

er die Sitte einführte, Mondflecke mit den Namen berühmter Männer zu belegen. Vor ihm hatte der berühmte danziger Astronom **Joh. Hevel** die Mondflecke in seiner Selenographia von 1647 nach Meeren und Gebirgen der Erde benannt. **Grimaldi's** Methode hat besonders in neuerer Zeit den Vorzug bekommen, es scheint aber, als habe **Grimaldi** in diesem kleinen Verdienst einen Vorgänger gehabt, denn ein gewisser **Langrenus**, der sich Kosmograph Sr. apostol. Majestät nennt, hat 1645 zu Brüssel eine *Selenographia seu lumina austriaco-philippica* herausgegeben, worin u. A. die Princeſs Elisabeth, Tochter des Kurfürsten Friedrich, Königs von Böhmen, auf diese Weise verewigt ward. Derselbe **Langren** hatte auch die Idee, den Anfang und das Ende der Beleuchtung von Mondflecken zur Bestimmung der geograph. Länge auf der Erde zu benutzen.

Uebrigens entwarf **Hevel** seine Mondkarte schon 1643, und sie ist nicht nur älter, sondern auch besser als die von **Grimaldi**. Die erste freilich sehr unvollkommene Karte vom Mond verdankt man **Galilei**.

133. Was nun die Fallversuche von **Riccioli** betrifft, so wurden dieselben zu verschiedenen Zeiten angestellt. Bei den ersten suchte er die Geschwindigkeiten fallender Körper aus deren Wirkungen zu bestimmen, indem er Kugeln aus verschiedener Höhe auf eine Wage fallen lieſs, und die Gewichte bemerkte, die sie zu heben vermochten. Er fand auf diese Weise die Fallräume 1, 3, 9, 27 statt 1, 3, 5, 7, 9 u. s. w. Später, als er die verbotenen Gespräche **Galilei's** auf Grund specieller Erlaubniſs gelesen hatte, änderte er sein Verfahren, und lieſs unterstützt von **Grimaldi** im J. 1640 am Thurm degli Asinelli in Bologna Kugeln von Thon und Kreide, acht Unzen schwer, aus verschiedenen Höhen herabfallen, zuletzt aus einer Höhe von 280 röm. Fuſs, und maſs dabei die Fallzeiten mittelst eines Pendels.

Sei es nun aus Vorliebe für **Galilei** oder aus irgend einem anderen Umstande, genug er fand genau, was er zu finden wünschte, daſs:

$$s : s' = t^2 : t'^2$$

was offenbar unrichtig ist, da die Thonkugeln wegen ihres geringen specif. Gewichts einen nicht unbeträchtlichen Widerstand erfahren, und folglich langsamer fallen mufsten, als nach jenem Gesetz. Dies ist natürlich keine Widerlegung der galileischen Gesetze, die vom Widerstand der Luft abstrahiren, einem Widerstand, der nicht blofs vom specif. Gewicht abhängig ist, sondern auch von der Gestalt, ja selbst, wenn die Körper nicht kugelförmig sind, von der Lage beim Fallen.

Später im J. 1645 sah **Riccioli** seinen Irrthum ein, und stellte sogar eine Reihe für ihre Zeit ganz schätzbarer Versuche zur Ermittelung des Luftwiderstandes an. Er liefs Kugeln von Blei, Holz, Thon, Wachs, auch solide und hohle Thonkugeln aus einer Höhe von 280 Fufs herunter fallen und beobachtete dabei, dafs die specifisch schwereren allemal früher anlangten, als die specifisch leichteren. Er fand auch, dafs der Widerstand des Mediums, worin das Fallen geschieht, mit der Dichtigkeit dieses Mediums wächst, dafs z. B. ein in Wasser fallender Körper nach einiger Zeit eine gleichförmige Bewegung annimmt. Uebrigens will der als Widersacher **Galilei's** und hartnäckiger Anhänger der peripatetischen Lehre so bekannte **Chiaramonti**, Prof. in Pisa, schon vor ihm durch Versuche gefunden haben, dafs die Beschleunigung des Falles mit der Zeit abnimmt, ohne jedoch dabei an den Luftwiderstand zu denken.[1])

Pater **Ariaga** stellte dergleichen Versuche ganz civiliter an, indem er einen Stein, eine Brodrinde und eine Feder zugleich vom Tisch fallen liefs. Er fand, dafs alle drei zugleich unten ankamen und wunderte sich nun, dafs die Philosophen, statt diesen leichten Versuch zu machen, immer einer dem andern nachschrieben: die Geschwindigkeiten fallender Körper verhalten sich wie ihre Gewichte.[2])

Riccioli stimmte also in Betreff der Fallgesetze ganz mit **Galilei** überein, aber darum war er noch nicht dem

---

1) Benzenberg, Versuche üb. d. Gesetze des Falles 1804, S. 87, 102.
2) Ibid. 78.

kopernikanischen System zugethan, im Gegentheil war er nicht nur kein Anhänger, sondern ein eifriger Widersacher desselben. In seinem Almagestum novum bringt er nicht weniger als 77 Gründe gegen das kopernikanische System zum Vorschein, von denen freilich die meisten auf den bekannten tychonischen Einwurf hinsichtlich der Richtung eines fallenden Körpers zurückkommen.

Nur einer darunter ist lehrreich genug, um hier angeführt werden zu können. Von der Richtigkeit der galileischen Fallgesetze überzeugt, glaubte er grade aus diesen einen entscheidenden Beweis gegen das kopernikanische System herleiten zu können, indem, wenn auf der ruhenden Erde das Gesetz $s : s' = t^2 : t'^2$ stattfindet, dies nicht mehr auf der sich drehenden geschehen könne. Seine Vorstellung war dabei folgende: Man denke sich von einem hohen Punkte a einen Körper herabfallend und nehme an, er fiele in dem ersten Zeittheil bis b, im zweiten bis c, im dritten bis d u. s. w., so werden sich auf der ruhenden Erde die Räume

$ab : bc : cd$ u. s. w. verhalten wie $1 : 3 : 5 \ldots$

Wenn sich nun die Erde dreht, und in Folge dessen der Punkt

b während der Zeit 1 einen Bogen $b\beta$
c - - - 2 - - $c\gamma$
d - - - 3 - - $d\delta$

beschreibt, so wird die Bahn des fallenden Körpers in den einander folgenden Zeiten sein: $\alpha\beta$, $\beta\gamma$, $\gamma\delta$ u. s. w., und diese können nicht in dem Verhältnifs wie $ab : bc : cd$ oder $1 : 3 : 5$ stehen. Darum, schlofs Riccioli, könne die Erde nicht rotiren, sondern müsse ruhen.

Dieser Schlufs ist offenbar falsch. Schon Galilei bemerkte in seinen Gesprächen, dafs man durch dergleichen Versuche nicht über die Bewegung der Erde entscheiden könne, da der Erfolg derselbe sei, die Erde möge ruhen oder sich bewegen. Dies ist nun zwar nicht strenge richtig, aber die Einwirkung der Centrifugalkraft der Erde auf den Fall der Körper ist ganz anderer Art und viel unbedeutender, als Riccioli sie sich dachte.

Seine Schlüsse wurden auch schon von den Zeitgenossen bekämpft, einerseits durch **Gassendi**, wovon sogleich mehr, andererseits durch **Stephan de Angelis** aus Venedig, Prof. der Mathematik zu Padua, welcher 1697 starb. Derselbe machte 1667 darauf aufmerksam, dafs der Stofs eines fallenden Körpers nicht blofs von der Geschwindigkeit abhänge, sondern auch von dem Winkel, unter welchem der Körper aufschlage. Zu dieser Behauptung war **Angelis** veranlafst worden durch die Hypothese von **Riccioli**, dafs bei einer rotirenden Erde dieser Stofs immer derselbe sein müsse, von welcher Höhe auch der Körper herabfalle; da dieser Stofs nicht gleich ist, so drehe sich auch die Erde nicht. Allein **Angelis** machte geltend, dafs jener Winkel mit der Zeit des Falles sich stetig ändere, und daher selbst in dieser Hypothese der Stofs nicht gleich sein könne.

134. Während dieser Verhandlungen in Italien waren die **Galilei**'schen Fallgesetze auch in Frankreich Gegenstand mannichfacher Diskussionen und Experimente. Ich will darunter zunächst diejenigen von **Deschales** erwähnen, da sie sich am meisten denen von **Riccioli** anschliefsen.

Claude François Milliet Deschales geboren 1621 zu Chambéry, gest. 1678 zu Turin, war Jesuit, Professor der Hydrographie zu Marseille, dann Professor der Mathematik zu Lyon, zuletzt Rektor des Kollegiums zu Chambéry; ein Mann von guter mathematischer Bildung und richtigem Urtheil, wahrscheinlich auch nicht aus Ueberzeugung Gegner des kopernikanischen Systems, vielmehr ein indirekter Beförderer desselben, indem er zeigte, dafs mindestens die von **Morin**, **Riccioli** und Anderen gegen dasselbe vorgebrachten Einwürfe unbegründet waren.

Wir besitzen mehrere Werke von ihm, die sich alle durch Klarheit des Vortrags auszeichnen. Unter diesen nimmt sein *Cursus seu mundus mathematicus, Lugd. 1674* eine der ersten Stellen ein; es ist eine Art mathematischer Physik, in der sich bei sorgfältiger Durchsicht vielleicht noch manches Bemerkenswerthe würde auffinden lassen. Es enthält

unter Anderm eine Widerlegung des zu seiner Zeit so berühmten **Cartesius**'schen Systems, von welchem späterhin noch die Rede sein wird. Dann findet sich darin auch eine Beobachtung, welche **Deschales** Anspruch giebt auf die Entdeckung der Inflexionsfarben, die aber schon von **Grimaldi** gefunden waren.

Deschales bemerkte nämlich, als er in einer dunklen Kammer Sonnenlicht von einer mit feinen Ritzen versehenen Metallplatte reflektiren liefs, dafs dieses reflektirte Licht Farben zeigte, wenn er es mit einer weifsen Tafel auffing. Er schlofs daraus, dafs nicht alle Farben durch Brechung erzeugt würden, vermochte aber doch das Phänomen nicht zu erklären, und leitete es von der verschiedenen Stärke der Lichtstrahlen ab.

In demselben Werk beschreibt **Deschales** auch die Fallversuche, derentwegen ich ihn vorzugsweise nannte. Er machte diese Versuche 1670 im Jesuitenkollegium zu Lyon in einem 123 Fufs tiefen Brunnen. Er liefs Steine hineinfallen, und mafs durch ein Pendel die Zeit des Falls mit Rücksicht auf die Zeit, welche der Schall gebrauchte, um nach oben zurückzukehren. Zum Staunen der Ordensbrüder konnte er daraus die Tiefe des Brunnens berechnen, da er zuvor für geringere Höhen die Fallgeschwindigkeit gemessen hatte. Die Versuche stimmten übrigens nur annähernd mit **Galilei**'s Gesetzen, aber **Deschales** schlofs scharfsichtig genug darum nicht auf die Unrichtigkeit dieser Gesetze, sondern schob die Abweichung auf Rechnung des Widerstandes der Luft.

135. Noch mehr zur Verbreitung der Lehren **Galilei**'s trug **Gassendi** bei, dessen ich schon einige Mal gedachte. **Gassendi** ist ein Mann, der in der Geschichte der Physik eine bedeutende Rolle spielt, weniger grade durch Entdeckung neuer Thatsachen und Aufstellung fruchtbarer Theorien, wiewohl er auch in dieser Beziehung nicht ohne Verdienst ist, als vielmehr durch den grofsen Einflufs, den er durch seine philosophischen und physikalischen Schriften auf die Zeitgenossen ausübte. Es gab eine Zeit, wo sich

das ganze gelehrte Frankreich zwischen ihm und seinem Nebenbuhler **Descartes** theilte, wo man entweder Gassendist oder Cartesianer sein mufste, wenn man etwas gelten wollte.

Pierre Gassendi ward geboren 1592 zu Champtercier unweit Digne, und starb 1655 zu Paris als ein Opfer des Unverstandes seiner Aerzte, die ihm kurz nacheinander neun und dann noch vier Aderlässe verordnet hatten. Eigentlich hiefs er Gassend, denn Gassendi, wie er meistentheils genannt wird, ist nur aus dem latinisirten Gassendus entstanden. Er zeigte schon früh ungewöhnliche Geistesgaben, wovon unter Anderem die Thatsache einen Beleg abgeben mag, dafs er 6000 lateinische Verse auswendig wufste, von denen er täglich 300 herzusagen pflegte, um sein Gedächtnifs zu stärken.

Er widmete sich dem geistlichen Stande, und brachte es darin bis zu einem Kanoniker und einer Präpositur. Nur auf vieles Zureden des bekannten Kardinals Richelieu konnte er 1645 dahin vermocht werden, sein geistliches Amt mit einem weltlichen zu vertauschen, nämlich mit der Professur der Mathematik an der Universität Paris, wie er selbst sagt erst dann, nachdem jener ihm vorgestellt, es gebe eine doppelte heilige Schrift, durch welche Gott sich dem Menschen offenbare, Bibel und Natur.[1])

Seine Schriften, die nach seinem Tode als *Opera omnia, Lugd. 1658* in 6 Folianten erschienen, sind ein lebendiges Zeugnifs seiner vielseitigen Gelehrsamkeit. Sie verbreiten sich über Philosophie, Literargeschichte, Archäologie, Astronomie, Mathematik und Physik; sie enthalten auch eine Reihe für die Geschichte sehr schätzbarer Biographien von Mathematikern, Astronomen und Physikern, sowie einen ausgedehnten Briefwechsel mit den berühmtesten Männern seiner Zeit z. B. mit **Galilei, Keppler, Hevel.**

Was seine Leistungen in der Physik betrifft, so neigte er mehr zur spekulirenden als experimentirenden Richtung. Er war ein Gegner des **Aristoteles** sowie seines Zeitgenossen

---

[1]) Kästner, Gesch. d. Math. IV, 484.

Descartes, dagegen ein Anhänger des **Demokrit** und **Epikur**. Von letzterem entlehnte er die Lehre von den Atomen, die er jedoch in manchen Stücken modificirte; er nahm Atome und Moleküle an, und liefs sogar die vier Elemente aus Atomen bestehen. Er erklärte die Wirkungen des Lichts durch Atome, die vom leuchtenden Körper aus mit grofser Schnelligkeit in graden Linien nach allen Richtungen fortfliegen und dadurch verursachen, dafs die Lichtstärke umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung sich verhält. In seinem Enthusiasmus für diese Lehre ging er sogar so weit, eigene Atome anzunehmen für die Wärme, für die Kälte, ja für Geruch, Geschmack und Gehör.

Die Gehör-Atome hinderten ihn jedoch nicht sich ganz richtige Vorstellungen von der Fortpflanzungsweise des Schalles, und von der Ursache der Tonhöhe zu bilden. Er liefs nämlich die Töne durch Luftwellen in unser Ohr gelangen, und die Tonhöhe leitete er ganz richtig von der Zahl der Impulse in einer gegebenen Zeit ab, oder von der Länge der Schallwellen. Ganz anders dachte sich **Aristoteles** die Sache. Er sah die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Töne als Ursache ihrer Höhe an, und glaubte, dafs sich tiefe Töne langsamer als hohe durch die Luft fortpflanzen. Das Irrige dieser Behauptung bewies **Gassendi** durch einen entscheidenden Versuch. Er liefs eine Kanone und eine Flinte in einer etwas bedeutenden Entfernung abfeuern, und mafs die Zeit zwischen der Wahrnehmung des Blitzes und des Schalles. Da das Licht jede auf der Erde mögliche Entfernung in einer unmefsbaren Zeit zurücklegt, so giebt die Zeit zwischen Blitz und Knall verglichen mit der Entfernung die Geschwindigkeit des Schalles. Er gab auf diese Weise die erste numerische Bestimmung dafür, nämlich 1473 Fufs in der Sekunde, freilich viel zu hoch, da sie nach **Moll** und **van Beek** nur 332,25 Meter = 1022,8 par. Fufs bei 0° ist. Zugleich erhielt **Gassendi** hierdurch auch den Beweis, dafs die Geschwindigkeit gleich sei für den Knall der Kanone und den der Flinte, also für hohe und tiefe Töne.

Auch in der Astronomie hat sich **Gassendi** einen Namen gemacht. Er war einer der Glücklichen, die am 7. Nov. 1631 den Merkur vor der Sonne vorübergehen sahen, ein Phänomen, welches **Keppler** voraus berechnet hatte, und wodurch gleichsam der erste handgreifliche Beweis von der Richtigkeit des kopernikanischen Systems geliefert wurde. Doch war es **Gassendi** nicht allein, der diese Beobachtung machte, es sahen auch der Pater **Cysatus** in Inspruck, **Quietanus**, des Kaisers Matthias Mathematiker im Elsafs und ein Anonymus in Ingolstadt, diesen Vorübergang des Merkurs vor der Sonne. — Acht Jahre später am 4. Dec. 1639 wurde der erste Vorübergang der Venus vor der Sonne beobachtet von einem jungen englischen Astronomen **Horrox** (gest. 1641), und gemeinsam mit seinem Freunde **Crabtree**. Sie waren die einzigen Sterblichen, welche dieses Phänomen beobachteten, und blieben es bis zum J. 1761, wo sich dasselbe wiederholte.

Joh. Baptist Cysatus, geb. 1588 zu Luzern und gest. ebenda 1657, war ein um die Himmelskunde wohl verdienter Mann; aufser der so eben erwähnten wichtigen Beobachtung gab er die erste Nachricht vom Orion-Nebel, entdeckte zwei Monde des Saturn, und lieferte die ersten teleskopischen Beobachtungen an einem Kometen in *Mathemata astronomica de loco, motu etc. Cometae, qui 1618 et 1619 in coelo fulsit*, Ingolstadt 1619.

136. Am bekanntesten und gewissermafsen berühmtesten ist **Gassendi** durch den Streit mit seinem Kollegen **Morin** geworden.

Jean Baptiste Morin, geb. 1583 zu Francheville in Beaujolois, und gest. 1656 zu Paris als Prof. der Mathematik und Astronomie an der dortigen Universität, zuvor Arzt, hatte, obwohl ein Mann von Kenntnifs und Verdienst, das Mifsgeschick sich nicht von der Richtigkeit des kopernikanischen Systems überzeugen zu können, und glaubte daher als Gegner desselben auftreten zu müssen. Seinem Einflufs ist es vielleicht zuzuschreiben, dafs die Sorbonne, damals die höchste wissenschaftliche Autorität in Frank-

reich, auf ein Haar daran war, dem Bannfluch des Papstes über dies System auch für Frankreich durch den Kardinal Richelieu Gültigkeit zu verschaffen. **Morin** griff 1631 das kopernikanische System mit äufserster Heftigkeit an, und wie sich versteht mit lauter unhaltbaren Gründen. Dies gab **Gassendi** Veranlassung als Vertheidiger dieses Systems aufzutreten und das Werk zu schreiben: *De motu impresso a motore translato, Parisiis 1649.*

Unter mehreren Einwürfen der Anti-Kopernikaner befindet sich auch der schon von **Tycho** aufgeworfene, dafs ein Stein, den man von der Westseite eines Thurmes herabfallen lasse, sich vom Thurme entfernen müsse, weil der Thurm während des Fallens nach Osten fortrücke. Um diesen Einwurf zu widerlegen, stellte **Gassendi** folgenden Versuch an. Im Hafen von Marseille auf einer Ruder-Galeere, die 4 Miglien in einer Stunde zurücklegte, liefs er von der Hinterseite des Mastes Steine herabfallen und merkte sich die Stellen, wo sie auf dem Verdeck niederschlugen. Da fand er denn, dafs die Steine trotz der Bewegung des Schiffes und des Mastbaumes parallel an diesem herabgefallen waren.

Er erklärte dieses Resultat ganz richtig, ebenso wie auch das analoge Phänomen, dafs Gegenstände, welche ein Reitender oder Fahrender senkrecht in die Höhe wirft, diesem wieder in die Hand zurückfallen. Er sagte nämlich ganz richtig, die Bewegung des Schiffes, des Reitenden oder Fahrenden kann keinen Einflufs auf den fallenden oder senkrecht in die Höhe geworfenen Körper haben, weil dieselbe auch dem Körper mitgetheilt wird.

Gassendi sah durch diesen Versuch die Bewegung der Erde für gerechtfertigt an, und hat gewifs durch seine Schlufsfolgen manche Skrupel der Zweifler an dem kopernikanischen System beseitigt, deshalb glaubte ich ihn gerade hier nennen zu müssen. Ich mufs indefs bemerken, dafs **Gassendi** ungeachtet seiner Ueberzeugung doch nur ein schüchterner Vertheidiger der kopernikanischen Lehre war. In seiner dem Kardinal Richelieu gewidmeten *Institutio*

astronomica, Parisiis 1645, erklärte er den Lauf der Planeten nach allen drei Systemen, dem ptolemaeischen, tychonischen und kopernikanischen, sagt dann zwar, das letztere habe die meisten Vernunftgründe für sich, überläfst aber doch die Entscheidung dem Kollegium der Kardinäle in Rom.

Die Streitigkeiten mit **Morin** waren übrigens durch genannte Widerlegung, obwohl **Gassendi** ihn nicht einmal dabei genannt hatte, keineswegs beendet; **Morin** antwortete noch heftiger als zuvor, **Gassendi** erwiderte, und so spann sich dieser Kampf bis zu des Letzteren Tode fort. **Morin** ging sogar in seinem Hafs so weit, dafs er **Gassendi** im J. 1650 den Tod prophezeite. Er war aber als Astrolog nicht glücklicher als er es als Astronom war, denn **Gassendi** lebte nach dieser Prophezeihung noch fünf Jahre.

Endlich hat sich auch **Gassendi** hinsichtlich der Anerkennung der **Galilei**'schen Fallgesetze einiges Verdienst erworben. Er vertheidigte diese Gesetze gegen die Angriffe, welche der Pater **Casrée** (Casraeus) ein Jesuit 1644 auf dieselben gemacht hatte, und zeigte, dafs die von diesem angestellten Versuche ebenso nichtssagend als seine Schlüsse widersinnig seien. **Casrée** liefs nämlich, wie anfangs **Riccioli** Gewichte von verschiedenen Höhen auf eine Wagschale fallen, um durch Gegengewichte deren Wirkung zu messen, und schlofs daraus, dafs sich die Geschwindigkeiten wie die Fallhöhen verhalten $v : v' = s : s'$, (vergl. § 97), woraus für $s = 0$ sich $t = \infty$ ergiebt [1]).

137. Indem ich so eben die wichtigsten Momente aus **Gassendi**'s Leistungen mitgetheilt habe, möchte es wohl der schicklichste Ort sein auch seines Landsmannes und Zeitgenossen **Descartes** zu erwähnen, da dessen Thätigkeit mannichfach in die Verhandlungen und Aufgaben der damaligen Physik eingreift, obgleich bei weitem nicht so

---

[1]) Montucla, Hist. des math. II, 197; Kästner, Geschichte d. Math. IV, 28.

nachhaltig und fruchtbringend als die von **Galilei**, dem man ihn ganz ungegründeter Weise wohl hat an die Seite stellen wollen.

René du Perron Descartes, latinisirt Renatus Cartesius, war geb. am 31. Mai 1596 zu La Haye in Touraine, und starb den 11. Februar 1650 zu Stockholm. Seine Erziehung erhielt er in der Jesuitenschule zu La Flèche, welche er 1612 verliefs, und sich in Rheims für den Soldatenstand auszubilden suchte; er ging aber bald darauf nach Paris, wo er anfangs ganz den Vergnügungen, späterhin jedoch mit grofsem Ernst den Studien lebte. Der letzteren satt nahm er seit 1617 nacheinander Dienste in der holländischen, baierschen und österreichischen Armee, und machte in diesen viele kriegerische Unternehmungen mit. Im J. 1622 erfüllte ihn indefs die Aufhebung der Belagerung von Neuhäusel in Ungarn, bei welcher sein Oberbefehlshaber Graf Bucquoy getödtet wurde, so mit Widerwillen gegen die militärische Laufbahn, dafs er seinen Abschied nahm, und mehrere Jahre auf Reisen durch fast alle Länder Europas zubrachte.

In den Jahren 1627 und 1628 beschäftigte er sich in Paris mit Schleifen von Linsen und Spiegeln, ergriff dann noch einmal das Schwert um an der berühmten Belagerung von La Rochelle Theil zu nehmen, ging aber dann des unsteten Lebens müde 1629 nach Holland, wo er sich zu Egmond einem hübschen Dorfe bei Franeker niederliefs. Hier lebte er 20 Jahre als Privatmann, lehnte selbst sehr verlockende Aufforderungen nach Paris zu kommen ab, folgte aber einem Rufe der Königin Christine von Schweden, die den Umgang mit geistreichen Männern liebte, und ihm ein ansehnliches Jahresgehalt aussetzte. **Descartes** kam im Oktober 1649 in Stockholm an, allein schon kränkelnd auf der Reise dahin, starb er im Februar des folgenden Jahres. Sein Leichnam wurde 1666 nach Paris geschafft, und mit grofsem Pomp in der Kirche St. Geneviève beigesetzt, sein Kopf blieb aber aus unbekannten Gründen in Stockholm,

und wurde durch **Berzelius** vor einigen Decennien an die Pariser Akademie nachgesandt.[1])

Descartes war ein Mann von ausgezeichneten Gaben, großer Beweglichkeit des Geistes und voll brennenden Ehrgeizes in der Wissenschaft zu glänzen, dabei auch von sehr reizbarem Gemüth und etwas zweifelhaftem Charakter, Eigenschaften, die ihn in mannichfache Streitigkeiten mit seinen Zeitgenossen verwickelten. Sein Hang zur Unabhängigkeit wurde durch ein bedeutendes Vermögen unterstützt.

---

[1]) **Arckenholtz** in seinen *Mémoires concernant Christine reine de Suède, Amsterdam 1751 T. I, p. 228* sagt bei der Ueberführung der Gebeine des **Descartes** nach Paris: *A cette occasion on ne saurait passer sous silence un fait, qui ne sera connu que de peu de personnes, que Mr. Hof, Professeur au Collège de Skara en Westro-Gothie vient de publier. C'est que l'officier des Gardes de la ville de Stockholm, qui eut la commission de faire lever le cercueil de Descartes de l'endroit, où il était enterré et de le transporter en France, ayant trouvé moyen d'ouvrir la bière, il en ota le crâne du défunt Descartes, qu'il garda le reste de ses jours fort soigneusement comme une des plus belles reliques de ce grand philosophe. Après la mort de l'officier ses créanciers ne trouvèrent guères d'autre chose que ce crâne, qui a passé depuis en d'autres mains.*

Hiermit steht nun in vollem Widerspruch, was **Baillet** in seinem Werk *La vie de Monsieur Descartes, Paris 1619, T. II, p. 436* über die Beförderung dieser Reste von Stockholm nach Paris im J. 1666 nach handschriftlichen Quellen berichtet. Danach fand der ganze Vorgang unter genauer Aufsicht des französischen Gesandten Mr. **de Ferlon** statt, und dann heifst es: *Mr. de Ferlon avait fait faire un cercueil de cuivre long de deux pieds et demi, seulement parcequ'il se doutait, que le crâne et les os du défunt seraient detachés et qu'on pourrait les ranger les uns sur les autres sans indécence. L'on renferma les os cruchés sur les cendres dans ce nouveau cercueil avec de nouvelles cérémonies et quelques prières: mais l'on ne put refuser à Mr. le chevalier de Ferlon un des ossements de la main, qui avait servit d'instrument aux écrits immortels du défunt, et qu'il avait religieusement demandé à l'assemblée, qui composait presque toute l'église catholique de Suède, en témoignage du zèle, qu'il avait pour conserver la mémoire de Mr. Descartes.*

Hiernach wird es sehr wahrscheinlich, dafs aus dem Gesuch des Herrn **v. Ferlon** im Lauf der Zeit die Erzählung von **Arckenholz** und Anderen entstanden ist, und dafs der neuerdings nach Paris gebrachte Schädel nicht von **Descartes** herrührt. D. H.

Es ist zu bewundern, wie er bei seinem unsteten Leben Mufse zu Beschäftigungen finden konnte, die sonst nur in abgeschiedener Stille gedeihen wollen. **Descartes** hat sich in drei Wissenschaften versucht, und in jeder seinen Namen hinterlassen, in der Philosophie, Mathematik und Physik. Besonders war es die Philosophie, welche ihm in den Augen der Zeitgenossen grofsen Ruf verschaffte, und ihn auch mit der Königin Christine von Schweden in Berührung brachte.

Als Physiker kann **Descartes** grade nicht zum Muster aufgestellt werden. Statt dem von Lord **Baco** empfohlenen und von **Galilei** so ruhmvoll betretenen Weg der Erfahrung zu folgen, trat er wiederum in die Fufstapfen der Alten, die da meinten alle Kenntnifs der äufseren Natur aus sich selbst schöpfen zu können. Begabt mit grofser Schärfe des Verstandes und einer reichen Phantasie überliefs er sich fast ausschliefslich der spekulativen Richtung; aber ein übertriebenes Vertrauen zu der Vollkommenheit seiner methaphysischen Ideen, durch welche er Alles erklären zu können glaubte, führte ihn meist auf Abwege und Irrthümer, gröfser als die, welche er zu bekämpfen gedachte.

So ist denn des Bleibenden, das er in der Physik geleistet hat, im Grunde sehr wenig, wenngleich seine Systeme und Hypothesen zur Zeit grofsen Beifall fanden, und als Anregungsmittel für die Zeitgenossen nicht ganz ohne Nutzen gewesen sein mögen.

138. Unter den Systemen, die **Descartes** aufstellte, hat ihm besonders das vom Universum eine grofse Berühmtheit verschafft, wiewohl es mehr ein Roman als ein physikalisches System ist, und an die Vorstellung von **Kleanthes** (250 v. Chr.) erinnert, welcher sich den Himmel mit einem Aether gefüllt dachte, der die Sonne und die Planeten um die Erde führt. **Descartes** nahm Wirbel an, welche aus einer feinen Materie bestehen und die Planeten um die Sonne, desgleichen die Trabanten um die Planeten tragen, wie der Wirbelwind den vom Boden aufgehobenen Staub fortreifst.

Diese cartesianischen Wirbel, von denen man nicht begreift, wodurch sie ihrerseits in Bewegung gesetzt werden, haben in den Köpfen der Physiker der letzten Hälfte des XVII. Jahrhunderts gewaltig herumgewirbelt, und fanden auf den Universitäten in Frankreich und England vielen Beifall, so dafs es selbst noch Männer wie **Newton** und **d'Alembert** für nöthig fanden, das Unhaltbare und Unverträgliche derselben mit **Keppler's** Gesetzen ausführlich darzulegen.

Descartes entwickelte dieses System in seinen *Principiis philosophicis* in dem Jahre, da **Galilei** das kopernikanische System abschwören mufste. Er war nahe daran es an **Mersenne** zum Druck zu übersenden, als ihm die Verfolgungen **Galilei's** zu Ohren kamen, und er es für gerathener hielt dasselbe einstweilen bei Seite zu legen, es erschien daher erst 1644 zu Amsterdam.[1])

Dasselbe Werk enthält auch eine Theorie über die Ursache der Schwere und über die Erscheinungen der Ebbe und Fluth, die beide hergeleitet aus den supponirten Wirbeln nicht minder unhaltbar sind, als die Theorie von der Bewegung der Himmelskörper. Nach **Descartes** würde z. B. grade dann Ebbe eintreten müssen, wenn in Wirklichkeit Fluth statt findet, d. h. der Mond im oder am Meridian steht. In demselben Werk entwickelt **Descartes** ferner eine Theorie der Bewegung, die neben einzelnen richtigen Sätzen meistens nur irrige Begriffe enthält. Dasselbe gilt von seiner Theorie des Stofses, wobei jedoch **Descartes** das Verdienst gelassen werden mufs, dafs er überhaupt den ersten Versuch zu dieser Theorie machte. Wie falsch dieselbe, war ist u. A. daraus zu ersehen, dafs er annimmt: Stöfst ein kleinerer Körper A auf einen gröfseren B, welcher ruht, so geht A mit seiner ganzen Geschwindigkeit zurück und B bleibt in Ruhe. **Descartes** wufste später selbst aus Erfahrung, dafs dies nicht wahr sei, aber seine Principien liefsen ihn doch nicht davon ab-

---

[1]) Edinburgh Encyclopaedie conducted by D. Brewster VIII, 682.

gehn. Wegen dieser und anderer Unrichtigkeiten wurde er schon durch seinen Zeitgenossen **Deschales** eines Besseren belehrt.[1])

Vergleicht man hiermit die klaren Ideen, die **Galilei** aufgestellt hat, so mufs es in der That als eine arge Anmafsung von Seiten **Descartes's** erscheinen, wenn er in einem Briefe an **Mersenne** sagt: Er sähe nichts in **Galilei's** Werken, um das er ihn beneidete und fast nichts, was er für dessen Eigenes anerkennen möchte! Gewifs hätte ihm **Galilei** diesen Ausspruch mit ungleich gröfserem Rechte zurückgeben können[2]).

Dagegen war **Descartes** allerdings im Recht, dafs er die **Resistenza del Vacuo** des italienischen Physikers verwarf, und was merkwürdig sein würde, wenn es historisch recht beglaubigt wäre, das Aufsteigen des Wassers in Pumpen durch den Luftdruck erklärte, bevor der berühmte Versuch von **Pascal** angestellt war, ja er nimmt sogar die Idee zu diesem Versuch als sein Eigenthum in Anspruch[3]). Andererseits aber verfällt er wiederum in Irrthum, wenn er das Zusammenhaften zweier Glasplatten ebenfalls dem Luftdruck zuschreibt.

139. Das bedeutendste Verdienst in der Physik hat sich **Descartes** wohl durch seine Theorie vom Regenbogen erworben. Er hat dieselbe aufgestellt in seiner Dioptrik, die 1637 als ein Theil eines gröfseren Werkes erschien, welches den Titel führte: *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la verité en sciences. Plus la dioptrique, les méteores et la géometrie, qui sont des essais de cette méthode, Leyd. 1637,* ein trotz seiner Mängel durch Klarheit des Vortrags sehr ausgezeichnetes Werk.

In diesem Werk zeigt nun **Descartes** speciell, wie der Haupt- und der Nebenregenbogen entsteht: 1) dafs zur Bildung des ersteren die Sonnenstrahlen in die obere Hälfte

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. I, 324, 357, 359.
[2]) Kästner, Gesch. der Math. IV, 25.
[3]) Fischer, ibid. I, 406.

der Vorderseite des Regentropfens eintreten, bei *a*, Fig. 2, § 45, gebrochen werden, an der Hinterseite *b* des Tropfens eine Reflexion erleiden, dann zur unteren Hälfte der Vorderseite gehen und dort bei *c* abermals gebrochen austreten; 2) daſs der Nebenbogen gebildet wird durch diejenigen Strahlen, die an der unteren Hälfte der Vorderseite eintreten in *a*, Fig. 3, § 45, dort gebrochen werden und nach zweimaliger Reflexion an der Hinterseite an *b* und *b'* zur oberen Hälfte der Vorderseite gehen, und dort abermals in *c* gebrochen austreten, worauf sie in der Richtung *cd* gesehen werden.

So weit ist nun freilich die Theorie des Regenbogens von einem Paar früherer Physiker aufgestellt, nämlich von dem Predigermönch **Theoderich**, in dessen Radialibus impressionibus 1311, worüber bereits § 45 gesprochen ist, und von **Marco Antonio de Dominis** (geb. 1566 zu Arbe in Dalmatien, gest. 1624 zu Rom), Erzbischof von Spalatro, in seiner Schrift: *De radiis visus et lucis etc. Venet. 1611.*

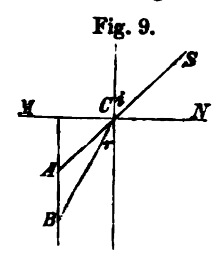
Es ist möglich, daſs **Descartes** das eine oder andere dieser Werke gekannt hat, wie man das von **de Dominis** in Bezug auf das Buch von **Theodorich** vermuthet, aber wohl zu bemerken ist, daſs die von beiden aufgestellte Theorie noch einen Hauptpunkt unerklärt läſst, nämlich nicht Rechenschaft giebt von der Gröſse des Winkels, den die zum Tropfen austretenden Strahlen mit den einfallenden machen, einen Winkel, der für den Hauptbogen etwa 41° 30' und für den Nebenbogen nahe 52° beträgt. Dies nun aber hat **Descartes** der Theorie hinzugefügt und die Art, wie er es gethan, verleiht ihm jedenfalls einen bedeutenden Rang unter den Physikern.

Leider ist hier aber sein Verdienst mit einem Makel behaftet, von dem ihn selbst seine eifrigsten Vertheidiger nicht haben rein waschen können. Jener Theil der Theorie ist nämlich nicht zu geben ohne Kenntniſs des Gesetzes von der Brechung des Lichts, des Gesetzes, daſs beim Uebergang des Lichts von einem Mittel in ein anderes die Sinus der Winkel, welche die einfallenden und gebroche-

nen Strahlen mit dem Loth auf der Trennungsfläche machen, in einem konstanten Verhältniſs stehen.

Dieses Gesetz giebt nun **Descartes** in seiner Dioptrik, und zwar als sein Eigenthum ohne zu erwähnen, daſs der bereits 1626 verstorbene Prof. **Snell** in Leyden dasselbe aufgefunden hatte. **Willebrord Snell** (Snellius) war geb. 1591 zu Leyden und starb daselbst 1626 als Prof. der Mathematik, ein auch sonst verdienter Mann, namentlich durch seine zwischen Alkmar und Bergen op Zoom ausgeführte Gradmessung, bei welcher zuerst von der Triangulation Anwendung gemacht wurde; das Nähere darüber enthält sein *Eratosthenes batavus, Lugd. bat. 1617.*

Fig. 9.



Das Brechungsgesetz stellte **Snellius** also dar: Ist MN, Fig. 9 die Oberfläche eines brechenden Mediums, SC der einfallende, CB der gebrochene Strahl, i der Einfallswinkel, r der Brechungswinkel und n der Brechungsexponent, so ist:

$$n \, . \, CA = CB \text{ oder } n \sec{(90 - i)} = \sec{(90 - r)},$$

$$\text{d. i.} \qquad n \operatorname{cosec} i = \operatorname{cosec} r$$

$$\text{also} \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; n = \frac{\operatorname{cosec} r}{\operatorname{cosec} i}.$$

Snellius stellte dieses Gesetz auf in einem Werk, das leider nicht das Licht der Welt erblickte, wodurch er beinahe um die Ehre der Entdeckung gekommen wäre, denn **Descartes**, der es kennen lernte und es 1637 in seiner Dioptrik veröffentlichte, galt lange Zeit als Entdecker desselben. Allein **Isaac Voss** (Vossius, geb. 1618 zu Leyden und gest. 1689 als Kanonikus zu Windsor) der gelehrte Kritiker, und **Chr. Huyghens** der berühmte Physiker, die beide das **Snell**'sche Werk im Manuskript gesehen haben, sprechen ohne Rückhalt den Verdacht aus, daſs **Descartes** das Werk gekannt habe, was schon dadurch sehr wahrscheinlich wird, daſs **Descartes** über 20 Jahre in Holland lebte, und unter den Gelehrten dieses Landes viele Freunde und Bekannte zählte. Dazu kommt, daſs

Descartes so gut wie niemals seine Quellen nennt (eine Sünde, die sich bis auf den heutigen Tag unter seinen Landsleuten vererbt zu haben scheint), und unter Anderm in seinen philosophischen Principien eine Ansicht vom Weltgebäude ausspricht, die fast wörtlich bei **Giordano Bruno** zu finden ist [1]).

Es unterliegt somit kaum einem Zweifel, daſs **Descartes** das Gesetz gekannt und keinen Antheil an der Entdeckung desselben hat. Er führt auch keinen Versuch an, wodurch er es gefunden; indeſs bleibt ihm doch das Verdienst, daſs er dasselbe zuerst in der einfacheren Form aussprach, in der es gegenwärtig gebraucht wird. Statt nämlich zu sagen, die Kosekanten stehen in einem konstanten Verhältniſs, wie **Snell** gethan, sagte er die Sinus dieser Winkel stehen darin. Es ist ja auch cosec $x = \frac{1}{\sin x}$, daher $n = \frac{\sin i}{\sin r}$.

Diese Form war gerechtfertigt durch eine Erklärung, die er von der Entstehung des Brechungsgesetzes gab, eine Erklärung, die, wenn sie auch einwurfsfähig ist, doch als erster Versuch zum tieferen Eindringen in die Vorgänge beim Licht, alle Anerkennung verdient und sicher den späteren vollkommneren Theorien vorgearbeitet hat. Sie hängt überdies so innig mit seinen Ideen über das Wesen des Lichts zusammen, daſs seine Gegner, glaube ich, ihm Unrecht thun, wenn sie behaupten, **Descartes** habe diese Erklärung bloſs ersonnen, um sein Plagiat zu bemänteln.

Er dachte sich nämlich das Licht aus getrennten unelastischen Theilchen (s. **Fermat** § 143) bestehend, die mit groſser Schnelligkeit vom leuchtenden Körper fortgeschleudert werden. Fallen nun diese Theilchen in schiefer Richtung auf eine Fläche, so zerlegt sich ihre Geschwindigkeit in eine mit der Fläche parallele und eine senkrecht darauf, aus welchen beiden für das Theilchen eine Bewegung unter demselben Winkel von der Fläche weg entsteht, unter dem es aufgefallen ist; also im Wesentlichen dieselbe Erklärung, die späterhin **Newton** für die Reflexion aufstellte.

---

1) Fischer, ibid. I, 27.

Zur Erklärung der Refraktion nimmt **Descartes** an, das durchsichtige Mittel lasse die Lichttheilchen eindringen, und habe die Eigenschaft bloſs den senkrechten Theil ihrer Geschwindigkeit zu ändern. Indem er dann noch die Hypothese hinzufügt, daſs die wägbaren Mittel den Lichttheilchen um so weniger Widerstand entgegensetzen, als sie dichter sind, wie ja auch ein Ball weniger an Geschwindigkeit verliert, wenn er gegen einen dichten Körper geworfen wird, als wenn er von einem weichen abprallt, so kommt **Descartes** durch eine ähnliche Zerlegung der Kräfte wie vorher zu dem Satz, daſs bei einem und demselben Mittel die Sinus der betrachteten Winkel in einem konstanten Verhältniſs stehen.

Wegen dieser Erklärung ist **Descartes** heftig angegriffen worden, allein wenn sie auch Schwächen hat, wie die erwähnte Hypothese, so muſs man doch gestehen, daſs sie der späteren **Newton**'s sehr nahe kommt, und keine der Art vorangegangen ist.

140. Um nun wieder auf den Regenbogen zurückzukommen, so hat **Descartes** das **Snell**'sche Gesetz zuerst auf dieses Phänomen angewandt, und die Erklärung in einer Weise durchgeführt, die für ihn sehr ehrenvoll ist. Mittelst dieses Gesetzes verfolgte er nämlich den Gang der Strahlen, die auf die Vorderseite eines Regentropfens einfallen, wobei er das Verhältniſs der beiden Sinus, des Einfallswinkels i und des Brechungswinkels r (Fig. 2 u. 3, § 45) oder das Brechungsverhältniſs zwischen Luft und Wasser von 250 zu 187 annimmt. Sehr mühsam berechnet er nun für 10000 Strahlen, die auf die obere Hälfte der Vorderseite einfallen, die Winkel, welche die austretenden mit ihnen machen. Da findet er denn, indem er von dem Strahl, welcher durch den Mittelpunkt des Tropfens geht, nach oben vorrückt, daſs die Winkel anfangs rasch wachsen, dann langsamer und zwischen den Strahlen 8500 und 8600 so wenig, daſs die ganze Aenderung in den Minuten bleibt, dann aber nach diesem Maximum die Winkel wieder abnehmen.

Diesen Maximalwerth der Winkel fand er 41° 30', und nun schlofs er, da bei diesem Winkel die austretenden Strahlen ganz oder sehr nahe parallel unter sich bleiben, alle übrigen aber divergiren, so können nur Strahlen, die unter solchem Winkel von dem Tropfen austreten, auf das in der Ferne befindliche Auge einwirken. Folglich sehen wir den Hauptregenbogen auch immer in solcher Lage, dafs die von ihm zu uns gelangenden Strahlen einen Winkel von 41° 30' mit den einfallenden Sonnenstrahlen machen.

Auf ähnliche Weise zeigt er, dafs von allen auf die untere Hälfte der Vorderseite des Tropfens einfallenden Strahlen, die nach zweimaliger Refraktion und zweimaliger Reflexion an der oberen Hälfte derselben Seite austreten, nur diejenigen einen Eindruck auf das vom Tropfen entfernte Auge machen können, die parallel ausfahren, und dafs dieser Parallelismus unter einem Winkel von 51° 54' zwischen den einfallenden und ausfahrenden Strahlen statt findet. Daher denn der Nebenbogen über dem Hauptbogen, und unter dem Winkel von 51° 54' gegen die Sonnenstrahlen.

Ueber die Farben des Regenbogens und namentlich, weshalb die Farbenfolge von Violett nach Roth (*V* und *R* in Fig. 2 u. 3) in Haupt- und Nebenbogen die entgegengesetzte ist, wufste **Descartes** noch keine genügende Rechenschaft zu geben, das blieb **Newton** vorbehalten. **Descartes** zeigte nur, wie auf einer von der Sonne beschienenen Tropfenwand zwei helle Kreisbogen von den angegebenen Winkeldurchmessern entstehen können; allein das ist auch die Bel-Etage des Gebäudes, zu welchem Bruder **Theodorich** das Fundament legte, und **Newton** die Krone aufsetzte — oder auch nicht, denn es hat sich erst neuerdings herausgestellt, dafs die Theorie vom Regenbogen, die man seit **Newton**'s Zeit für abgeschlossen hielt, doch noch in einiger Hinsicht Mängel hatte (s. § 281).

Uebrigens mufs ich hinzufügen, dafs **Descartes** in seiner Lichttheorie keineswegs so fest war, wie es aus der Erklärung des Reflexions- und Refraktionsgesetzes scheinen

möchte. Bei dieser Erklärung ist er entschieden Anhänger des Emissionssystems; in andern Fällen nähert er sich dagegen der Meinung der Undulationsfreunde, indem er blofs von Bewegungen spricht und sagt, man dürfe nicht glauben, dafs beim Sehen etwas Materielles ins Auge gelange. In noch anderen Fällen scheint er sogar die platonische Synauge oder die Lehre von den Augenstrahlen wieder auffrischen zu wollen, indem er das Sehen mit einem Tasten vergleicht und sagt, man sehe nicht allein mittelst etwas, das von den leuchtenden Körpern ins Auge käme, sondern auch durch etwas, das in den Augen ist, und sich von diesen zu dem gesehenen Körper erstreckt. Er will hierdurch erklären, dafs Katzen im Finstern sehen, was aber nicht wahr ist [1]).

Aus diesem Allen erhellt zur Genüge, dafs seine Vorstellungen von der Natur des Lichts noch sehr viel Schwankendes hatten. Das gilt namentlich auch von den Farben, die er an einer Stelle dadurch erklären will, dafs er den fortgeschleuderten Lichttheilchen noch eine mehr oder weniger grofse Rotationsgeschwindigkeit beilegt.

141. **Descartes** hat in seiner Dioptrik, die jedenfalls ein in der Geschichte der Optik epochemachendes Werk ist, auch noch mancherlei andere Probleme behandelt. Dahin gehört die Frage vom Ajustirungsvermögen des menschlichen Auges, wobei er, ohne **Scheiner** zu nennen, den von diesem im J. 1625 am Ochsenauge angestellten Versuch beschreibt, aber auch modificirt, indem er das präparirte Ochsenauge durch Druck verlängert und dabei beobachtet, dafs sich dann auch von näheren Gegenständen ein deutliches Bild auf der durchscheinenden Netzhaut erzeuge, weshalb er der **Keppler**'schen Erklärung vom Sehen (§ 73) beipflichtet.

Ferner erörtert er die Anfertigung hyperbolischer Linsen statt der sphärischen zum Zweck der Vervollkommnung der Fernröhre, von denen er damals nur das holländische

---

[1]) Gehler, Wörterb. II, 892.

kannte. Er gab auch eine Maschine zum Schleifen solcher Linsen an, mit welcher der Künstler **Ferrier** 1628 in Paris wirklich eine konvexe dieser Art zu Stande brachte, aber keine konkave. — Es ist auffallend, dafs **Descartes**, obwohl er das Refraktionsgesetz beim Regenbogen so glücklich anwandte, doch die Theorie der Linsengläser gänzlich verfehlte.

142. Auch aus anderen Zweigen der Physik lassen sich noch verschiedene Gegenstände aufzählen, an denen **Descartes** seinen Scharfsinn und seine Thätigkeit übte. Darunter ist sogar einer, zwar nicht von grofsem Belang aber doch auch nicht ohne Interesse, an welchem **Descartes**'s Name sich verewigt hat, nämlich das cartesianische Teufelchen oder der cartesianische Taucher, *plongeur de Descartes*. Allein ich will diese Gegenstände übergehen, um noch ein Paar Worte über **Descartes**'s mathematische Verdienste zu sagen, denn unstreitig begründen diese einen sehr wesentlichen Theil seines Rufs.

Descartes ist der Schöpfer eines ganzen und sehr wichtigen Theiles der Mathematik, der analytischen Geometrie, die in der Folgezeit, namentlich für alle Anwendungen, die konstruktive euklidische Geometrie in den Hintergrund gedrängt hat. Ebenso hat er auch in der Algebra ein ehrenhaftes Denkmal hinterlassen. Ihm verdanken wir die Kenntnifs und den Gebrauch der negativen Wurzeln der Gleichungen, sowie auch eine leichte Regel zu erkennen, wieviel positive und negative Wurzeln die Gleichung habe, falls keine imaginären darunter sind.

143. Unter den französischen Physiko-Mathematikern jener Zeit, die auf eine erfolgreiche Weise in den Gang der Wissenschaften eingriffen, und zugleich zur Anerkennung der mechanischen Entdeckungen **Galilei**'s beitrugen, kann ich nicht unterlassen noch **Fermat** zu nennen, nach dem Urtheil kompetenter Richter eins der gröfsten mechanischen Talente, die Frankreich je hervorgebracht hat.

Pierre Fermat, geb. zu Toulouse 1608 und gest. daselbst 1665 als Mitglied des dortigen Parlaments. Seine

Werke sind nach seinem Tode gesammelt und füllen zwei Folianten. Sie enthalten Untersuchungen, welche berechtigen ihn als einen Vorläufer derjenigen grofsen Männer zu betrachten, die später den Infinitesimal-Kalkul erschufen.

Unter Anderem gab er schon 1636 eine Methode die Maxima und Minima veränderlicher Gröfsen in allen Problemen zu bestimmen, gegründet auf das Princip, welches schon **Keppler** in seiner *Stereometria doliorum, Lincii 1615* entwickelte, dafs die Veränderungen einer variablen Gröfse in der Nähe ihres Maximums oder Minimums null sind. **Fermat** kam darüber in einen lebhaften Streit mit **Descartes**, der eine andere Methode zu gleichem Zweck gegeben hatte, darauf gegründet, dafs an den Punkten des Maximums oder Minimums einer Kurve die Tangente derselben parallel wird der Abscissenaxe [1].

In einen zweiten Streit verwickelte sich **Fermat** mit **Descartes** dadurch, dafs er dessen Brechungsgesetz angriff, noch ehe dessen Dioptrik erschienen war, da er sich ein Exemplar zu verschaffen gewufst hatte. Er fand es wohl mit Recht bedenklich, dafs das Licht in einem Körper desto weniger Widerstand finden solle, je dichter er ist; auch bestritt er, dafs die Reflexion durch den Abprall unelastischer Lichttheilchen, wie sie **Descartes** annahm (§ 139), zu erklären sei. Durch Vermittelung von Freunden wurde diese erste Diskussion beigelegt, ohne dafs beide, **Descartes** und **Fermat**, ihre Ansichten geändert hätten. Als indefs nach 20 Jahren **Clerselier** (geb. 1614, gest. 1686), ein Schüler von **Descartes** und Herausgeber von dessen Briefen, die Ansichten seines Lehrers abermals vertheidigte, wurde **Fermat** veranlafst gegen diesen den früheren Streit zu erneuern.

Im Verfolge dieses Streites wurde **Fermat** zu dem sehr merkwürdigen Satz geführt:

dafs das Licht bei allen seinen Bewegungen den Weg der kürzesten Zeit einschlägt,

---

[1]) Montucla, II, 133; Kästner, III, 313.

ein Satz, der freilich grade umgekehrt wie **Descartes** supponirt, daſs das Licht sich in dichteren Mitteln langsamer bewegt, als in lockeren, aber ebenfalls zu dem von **Snell** entdeckten Gesetze führt, wie **Fermat** durch seine Methode der Maxima und Minima fand. Der vorstehende Satz, der späterhin von **Leibnitz** in einer anderen Form wieder aufgenommen wurde, ist übrigens eine Verallgemeinerung desjenigen, den **Hero** von Alexandrien für die Reflexion aufstellte, und welcher lautet: daſs das Licht immer den kürzesten Weg einschlägt (§ 7). Mit diesem Satz fällt der **Fermat**'sche zusammen, wenn das Licht in einem und demselben Medium bleibt.

In nähere Beziehung zu **Galilei** tritt **Fermat** dadurch, daſs er dessen Fallgesetze gegen die unhaltbaren Angriffe seiner Gegner vertheidigte, und daſs er auch andererseits über die Schwere die Meinung aussprach, die späterhin durch **Newton** zur Wahrheit erhoben wurde, daſs nämlich die Schwere durch ein gegenseitiges Anziehen der Körper erfolge. Er sprach es hierbei aus, daſs die Schwere im Innern der Erde mit der Tiefe abnehme, indem die oberen Theile rückwärts ziehen und folgert dann, sie müsse sich verhalten direkt wie der Abstand vom Mittelpunkt [1]).

144. Wenden wir uns nun wieder nach Italien, um zu sehen, welche Fortschritte hier die Kultur der von **Galilei** angebauten Felder unserer Wissenschaft machte. Das Interdikt der Kirche hatte den astronomischen Forschungen einen vor der Hand unübersteiglichen Wall entgegengestellt, es war also wohl natürlich, daſs der strebsame und durch **Galilei** so mächtig angeregte Geist jener Zeit sich in den Gebieten der Physik zu entschädigen suchte, wo er sich in seinen Bewegungen nicht gehemmt sah.

Im engeren oder weiteren Sinn sind es alle Schüler von **Galilei**, die wir hier in dieser Richtung glänzen sehen, und nach deren Abgang eine lange Periode der Lethargie für Italien eintritt, von der es erst in neuerer Zeit ange-

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. I, 271.

fangen hat sich einigermaſsen zu erholen. Unter diesen Schülern **Galilei's** treten zunächst hervor **Castelli** und **Torricelli**.

Benedetto Castelli, aus einem adligen Geschlecht, geb. 1577 zu Brescia, gest. zu Rom 1644, war Benediktiner von der Kongregation des Monte Cassino und Prof. der Mathematik zu Rom. Er war schon ziemlich früh mit **Galilei** bekannt, und ein Gehülfe bei dessen astronomischen Beobachtungen.

Im zweiten Brief, welchen **Galilei** im J. 1612 an den augsburger Bürgermeister Welser richtete, nennt er **Castelli** als Erfinder des Verfahrens, die Sonnenflecke dadurch sichtbar zu machen, daſs man das Sonnenbild in einigem Abstand vom Okular des Fernrohrs mit einer weiſsen Tafel oder einem geölten Papier auffängt, ein Verfahren, welches besonders damals schätzbar war, als man noch keine Blendgläser kannte. Es wäre also **Castelli** und nicht **Scheiner** der erste Erfinder des Instruments, welches letzterer Helioskop nannte, doch auch schon 1613 darstellte, vielleicht nach der Idee, die bereits **Keppler** dazu ausgesprochen hatte.

Im J. 1628 gab **Castelli** zwei hydraulische Werke zu Rom heraus, betitelt: *Della misura dell' acque correnti* und *Dimostrazioni geometriche della misura dell' acque correnti.* Sie enthalten die ersten gesunden Principien über die Bewegung des Wassers in Flüssen und Kanälen, und verschafften dem Verfasser einen solchen Ruf, daſs der Papst Urban VIII., derselbe, der **Galilei** verdammte, ihn als Lehrer der Mathematik nach Rom berief, und ihm auſserdem die Leitung verschiedener hydraulischen Unternehmungen übertrug, die er zur vollen Zufriedenheit Sr. Heiligkeit vollendete. Uebrigens vertheidigte **Castelli** bereits seit 1615 die hydrostatischen Lehren **Galilei's** gegen die ungerechten Angriffe von **Delle Combe** und **Vincenzo di Grazia**.

145. Noch berühmter als **Castelli** und auch bekannter im Auslande ist der andere Schüler **Galilei's**, **Evangelista Torricelli**, geb. 1608 zu Faenza, gest. 1647 zu Florenz im

eben vollendeten 39. Lebensjahr. Seinen Unterricht in der Mathematik erhielt er zu Rom durch **Castelli**. Als er dort **Galilei's** Gespräche über zwei neue Wissenschaften, welche 1638 erschienen, kennen lernte, gaben sie ihm Veranlassung, **Galilei's** Lehren von der Bewegung der Körper in einer Schrift noch auf eine andere Weise vorzutragen.

Castelli, welcher bald darauf 1641 in Ordensangelegenheiten nach Venedig reisen mufste, nahm seinen Weg durch Florenz und überbrachte die Schrift **Torricelli's** dem **Galilei**, der damals schon 78 Jahre zählte und völlig erblindet war. **Galilei** sprach den Wunsch aus **Torricelli** kennen zu lernen, um ihm zugleich die Vollendung der beiden letzten Dialoge seines eben genannten Werkes zu übertragen.

Torricelli nahm das Anerbieten an und kam noch im Oktober 1641 nach Arcetri, wo sich **Galilei** damals aufhielt. Die Freude des Zusammenlebens mit dem ehrwürdigen Greise, aus dessen Schriften er seine physikalische Bildung erlangt hatte, sollte indefs nur von kurzer Dauer sein, denn schon drei Monate hernach unterlag derselbe seinen körperlichen Leiden. Indefs konnte **Torricelli** doch noch den fünften Dialog unter **Galilei's** Leitung vollenden, und dieser ist 1674 von **Viviani**, einem anderen Schüler **Galilei's**, im Druck herausgegeben.

Torricelli wollte nun nach Rom zurückkehren, allein da der Grofsherzog von Toskana, Ferdinand II., ihm die von **Galilei** innegehabten Stellen eines Hofmathematikers und der Professur für Mathematik antragen liefs, so zog er es vor, in Florenz zu bleiben.

Gewifs war **Torricelli** der würdigste Nachfolger **Galilei's**. Er trat ganz in die Fufstapfen seines grofsen Lehrers, und würde sicher noch sehr Bedeutendes zur Erweiterung der Wissenschaften geleistet haben, wenn ihn nicht schon fünf Jahre hernach ebenfalls der Tod ereilt hätte. Er starb am 25. Oktober 1647 ebenso geachtet und belohnt von seinem fürstlichen Beschützer wie **Galilei**. Charakteristisch für **Torricelli** ist es, dafs er nichts auf Nachruhm gab.

Eine seiner Vorlesungen, die er zu Rom in der Accademia della Crusca hielt, und welche später im Druck erschien, hatte zum Thema den Satz: Der Ruhm nach dem Tode ist nichts und keiner Bestrebung werth; nach dem Tode sind alle Menschen gleich berühmt. — Er entwickelt diesen Satz ausführlich ohne zu ahnen, daſs er selbst ein glänzendes Beispiel von der Unrichtigkeit desselben aufstellen würde[1]).

146. Torricelli hat in verschiedenen Zweigen der Physik Forschungen angestellt, und überall sein hohes Talent dokumentirt. Er machte Untersuchungen über die Gläser zu Fernröhren und über die Mikroskope. Er fand auch zuerst, daſs kleine Glaskugeln, wie man sie vor jeder Lampe schmelzen kann, die vortrefflichsten einfachen Mikroskope abgeben.

Am meisten hat er sich jedoch in dem mechanischen Theil der Physik verdient gemacht. Von seinen gesunden Ansichten über die Bewegungsphänomene zeugen schon seine *Lezioni accademiche,* herausgegeben 1715 zu Florenz von **Bonaventura**, worin er die Lehre der Peripatetiker von den leichten und schweren Körpern auf eine sehr hübsche Art persiflirt, und über den Stoſs der Körper grade so urtheilt wie **Galilei**, nämlich, daſs der Stoſs sich in keiner Weise mit dem Druck vergleichen lasse.

Entschiedener zeigt sich **Torricelli** als erfindender Kopf in seinem *Trattato del moto dei gravi, Florenz 1641,* die weitere Ausführung des von **Castelli** an **Galilei** überbrachten Werkes. Darin findet sich auch der Satz: Zwei mit einander verknüpfte Körper sind in Gleichgewicht, wenn, wie man sie auch lege, ihr gemeinschaftlicher Schwerpunkt weder gehoben noch gesenkt wird; — wozu die Wage sowie die schiefe Ebene, wenn über ihren oberen Rand eine die beiden Körper verbindende Schnur gelegt wird, bekannte und anschauliche Beispiele liefern.

---

[1]) **Kästner**, Gesch. d. Math. IV, 458. 465.

Namentlich aber behandelt er zwei Gegenstände mit Glück darin, die Wurfbewegung und das Ausfließen von Flüssigkeiten, in welchem letzteren er noch keine Vorgänger hatte. In Bezug auf die Wurfbewegung bestätigte er Galilei's Sätze:

1) daſs ein geworfener Körper, vom Luftwiderstand abgesehen, eine Parabel beschreibt;

2) daſs die Wurfweite bei einer Elevation von 45° am gröſsesten ist, und

3) daſs sie für jede Elevation $= 45^{0} \pm x$ gleich sei. Diese Sätze vermehrte er indeſs durch den sehr merkwürdigen Satz: daſs alle Parabeln, die man erhält, wenn ein Körper mit gleicher Geschwindigkeit unter Elevation von 0 bis 90° abgeschossen wird, eingeschlossen oder eingehüllt werden von einer Kurve, die wiederum eine Parabel ist. — Endlich suchte Torricelli auch die Gröſse der parabolischen Bahn eines geworfenen Körpers für eine gegebene Gröſse der Wurfkraft zu bestimmen.

Ein ganz neues Feld eröffnete Torricelli durch seine Untersuchung über den Ausfluſs des Wassers aus Gefäſsen. Bei diesem späterhin so vielfach bearbeiteten und immer noch nicht vollständig gelösten Problem verdanken wir ihm namentlich folgende Sätze:

1) daſs das Wasser, welches aus der Seitenwand eines Gefäſses ausflieſst, den Gesetzen der Wurfbewegung folgt, daſs der Wasserstrahl eine parabolische Form besitzt;

2) daſs die Bogenweite des Strahls am gröſsesten ist, wenn die Oeffnung sich in der Mitte der Wasserhöhe befindet;

3) daſs Oeffnungen in gleichem Abstand über oder unter dieser Mitte eine kleinere aber gleiche Bogenweite geben;

4) wenn der Abstand gleich groſser Oeffnungen von der Oberfläche des Wassers $= h$, h' und die daraus in gleicher Zeit abflieſsende Wassermenge w, w' ist, dann

$$w : w' = \sqrt{h} : \sqrt{h'}.$$

5) Gefäfse von gleicher Weite und Oeffnung aber ungleicher Höhe h, h' entleeren sich in Zeiten t, t', wobei

$$t : t' = \sqrt{h} : \sqrt{h'},$$

eine Folge von No. 4.

6) Für den Fall, dafs sich die Oeffnung in dem horizontalen Boden eines Gefäfses befindet, lehrte er folgenden Satz: Wenn man die Zeit, die zur gänzlichen Entleerung des Gefäfses erforderlich ist, in gleiche Theile theilt und die Wassermenge, welche in dem letzten Zeittheile ausfliefst = 1 setzt, so ist die Wassermenge im vorletzten Zeittheil 3, in den dann folgenden Zeiten rückwärts gerechnet 5, 7, 9 ... Wäre die Zeit der gänzlichen Entleerung 6 Minuten, so würde, wenn die Ausflufsmenge in der 6. Minute 1 Pfund betrüge, dieselbe in der 5., 4., 3., 2., 1. Minute sein respektive: 3, 5, 7, 9, 11 Pfund, also in der 1., 2. ... 6. Minute 11, 9, 7 ... 1 Pfund.

Senkrecht in die Höhe geworfene Körper verhalten sich in Bezug auf die Abnahme ihrer Geschwindigkeit ebenso, mithin folgerte **Torricelli** richtig, dafs Flüssigkeiten beim Abflufs aus Gefäfsen ganz denselben Gesetzen folgen wie starre Körper beim senkrechten freien Fall. Er machte daraus auch eine Anwendung auf die Springbrunnen, indem er sagte, dafs deren Höhe gleich der Wasserhöhe im Gefäfse sein würde, wenn nicht Störungen stattfänden.

147. Am bekanntesten und berühmtesten ist **Torricelli** durch die Erfindung des Barometers geworden, unstreitig eine sehr wichtige Erfindung, die aber doch sicher ihrem Urheber nicht soviel Nachdenken gekostet hat, als die Untersuchungen über den Ausflufs des Wassers und die Wurfbewegung.

Torricelli kannte, was **Galilei** über die Resistenza del Vacuo gedacht und experimentirt hatte, er wufste, dafs Wasser nur etwa 32 Fufs in senkrechten Röhren ansteige, es war also im Grunde nicht schwer auf den Gedanken zu kommen, dafs eine specifisch schwerere Flüssigkeit auf einer geringeren Höhe würde stehen bleiben. Dennoch

mufs der Gedanke, Quecksilber statt Wasser zu nehmen, in Betracht der wichtigen Folgen für die Physik ein höchst glücklicher genannt werden. **Torricelli** faſste diesen glücklichen Gedanken, und daher muſs er mit Recht als Erfinder des Barometers betrachtet werden; aber er selbst verwirklichte ihn nicht sogleich, sondern überlieſs die Ausführung seinem Freunde **Viviani**, dem er seine Idee mitgetheilt hatte.

1643 war das Jahr, in welchem das erste allerdings unvollkommene Barometer das Licht der Welt erblickte. Mit Recht nannte man es die torricellische Röhre, nicht die vivianische, weil hier die Idee höher angeschlagen werden muſs als die Ausführung. **Torricelli** überzeugte sich übrigens auch bald hernach durch eigene Erfahrung von der Richtigkeit seiner Idee, und was ihm noch einen erhöhten Anspruch auf die Erfindung des Barometers giebt, ist, daſs er sogleich den Luftdruck als die Ursache des Stehenbleibens der Quecksilbersäule erkannte und bezeichnete.

Es muſs daher **Torricelli** als Entdecker des Luftdrucks betrachtet werden, obwohl im Grunde das Barometer den Luftdruck nicht strenger erweist als eine Wasserpumpe. **Torricelli** ist aber nicht allein Entdecker des Luftdrucks, sondern auch Entdecker der Veränderungen desselben. Als er nämlich die Höhe der Quecksilbersäule in seiner Glasröhre mehrere Tage lang beobachtete, fand er, daſs sie nicht immer dieselbe blieb, sondern bald zu- bald abnahm. Sehr richtig bemerkte er im J. 1644 gegen seinen Freund **Ricci** in Rom, daſs eine solche Quecksilbersäule ein Werkzeug zum Messen der Veränderungen des Luftdrucks abgeben könne, und er setzt hinzu, die Messung dieser Veränderungen und nicht die Hervorbringung eines leeren Raumes sei der Zweck bei Anstellung seiner Versuche gewesen. Er muſs also die Existenz des Luftdrucks und des Vakuums durch die Erscheinungen an Pumpen und durch **Galilei's** Versuche schon für hinreichend erwiesen gehalten haben.

An dem Verfolge seiner Ideen ist **Torricelli** wohl gehindert worden, denn wiewohl er erst 1647 starb, weifs man doch nicht, dafs er aus Beobachtungen am Barometer irgend einen erheblichen Schlufs gezogen hätte. Es waren übrigens nur die unregelmäfsigen Schwankungen des Barometers, die **Torricelli** entdeckte, die weit kleineren periodischen wurden erst viel später bemerkt.

Torricelli theilte seine Entdeckung im J. 1644 u. A. auch dem Pater **Mersenne** mit, der zu Nevers lebte und durch den ausgebreiteten Briefwechsel, den er mit den angesehensten Physikern und Mathematikern seiner Zeit führte, zu einem wissenschaftlichen Centrum für sie geworden war. Da ich später keine schickliche Gelegenheit habe von den Verdiensten dieses Mannes zu reden, so will ich sie kurz hier auseinandersetzen.

148. Marin Mersenne, geb. 1588 zu Soultière bei Bourg d'Oizé, Le Maine, erzogen in der Jesuitenschule zu La Flèche mit **Descartes** und gest. 1648 zu Paris, war dem Orden der Minoriten angehörig. Obgleich seine Thätigkeit meist eine literarische war, und er mehr durch Gelehrsamkeit und Eifer für die Wissenschaft als durch Talente glänzte, so hat er doch für die Zeit gar nicht zu verachtende experimentelle Untersuchungen angestellt. Dahin gehören:

Eine Arbeit über das Pendel in so fern bemerkenswerth, als sie den ersten rohen Versuch zur Bestimmung der Länge des Sekunpendels enthält.

Eine Untersuchung über den Ausflufs des Wassers aus Gefäfsen, in einigen Dingen mit der Arbeit von **Torricelli** zusammenfallend, aber doch nicht mit ihr zu vergleichen. Eigenthümlich möchte nur die Bemerkung sein, dafs ein Wasserstrahl aus senkrechter Wand nicht genau parabolisch ist wegen des Widerstandes der Luft, dafs daher auch die Springhöhe des Wassers unter der Höhe des Wasserdrucks bleibt. Diese Untersuchung beschrieb er in dem Werk: *Phaenomena hydraulico-pneumatica, Paris 1644.*

Dasselbe Werk enthält auch rohe Versuche zur Bestimmung der Ausdehnung der Luft, indem er sie in einer Aeolipile bis zum Glühen erhitzte, und darauf Wasser eintreten liefs. Ferner beschreibt er ein Hygroskop, indem er eine Darmsaite in freier Luft auf einen gewissen Ton spannte, und auf feuchtere Luft schlofs, wenn sie einen höheren Ton angab, dagegen auf trocknere, wenn sie sich tiefer stimmte [1]). Endlich findet sich darin auch die wahrscheinlich erste Beschreibung der Windbüchse, deren Erfindung sich nicht ganz mit Unrecht bis in die Zeit von **Ktesibius** zurückführen läfst. **Mersenne** giebt an, ein französischer Künstler **Marin**, Bürger zu Lisieux in der Normandie, habe eine solche für Henry IV. verfertigt. Nürnberger Chroniken hingegen nennen **Hans Lobsinger**, welcher 1570 starb, als Erfinder der Windbüchsen, von denen er 1560 die ersten verfertigt haben soll [2]). Nach einer Angabe **Musschenbroek**'s in seiner Introductio befand sich in der Waffensammlung eines Hrn. v. Schmettau eine Windbüchse mit der Jahreszahl 1474.

Trotz dieser vielfachen Beschäftigungen mit Problemen der mechanischen Physik hatte **Mersenne** doch in einigen Stücken sehr verworrene Begriffe; so wollte er die Kraft des Stofses durch den Druck messen, wie früher **Riccioli** und **Casrée**, und das Saugen erklärte er durch Häkchen, mit denen die Lufttheilchen die Wassertheilchen nach sich ziehen sollen!

Nicht unbedeutend zu **Mersenne**'s Ruf trug bei ein anderes Werk: *Harmonicorum libri XII, Parisiis 1636*, welches das damals noch wenig angebaute Feld der Akustik zum Gegenstand hat. **Mersenne** giebt darin eine Bestimmung der Schallgeschwindigkeit, die zweite, die man kennt und nach der Weise von **Gassendi**, vielleicht etwas genauer. Er fand sie zu 1380 Fufs. Auch machte er die Bemerkung, dafs eine Saite neben dem Grundton noch andere höhere Töne geben könne.

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 224.

[2]) Gehler, Neues phys. Wörterb. X, 2119.

In der Optik war **Mersenne** nahe daran eine wichtige Erfindung zu machen, nämlich die der Spiegelteleskope (Phaenomena hydraulico-pneumatica pag. 96). Er schlug vor zwei parabolische Hohlspiegel gegen einander anzuwenden, einen gröfseren auf den fernen Gegenstand gerichtet, und einen kleineren nahe am Brennpunkt des ersteren, damit er die konvergirend auf ihn fallenden Strahlen parallel zurücksende in das Auge durch ein Loch im grofsen Spiegel, das nicht gröfser ist als die Pupille. Er liefs es indefs bei dem Vorschlag bewenden, bei welchem übrigens das Glas vor dem Auge vergessen war, weil ihm **Descartes** verschiedene Einwendungen machte, welcher die Herstellung der parabolischen Spiegel äufserst schwierig, die Annäherung des Auges an den kleinen Spiegel zu gering fand, und hinsichtlich der Länge des Instruments und seiner Helligkeit keinen Vortheil vor den dioptrischen Fernröhren sah [1]). So ist **Mersenne** denn um die Ehre der ersten Ausführung eines Instruments gekommen, das jedenfalls vollkommener war, als das, welches **Zucchi** 20 Jahre früher erdachte und sogar darstellte.

Nicola Zucchi, ein Jesuit, geb. 1586 zu Parma und gest. 1670 zu Rom, hat schon im J. 1616 die Idee zum Spiegelteleskop gefafst und auch so weit roh ausgeführt, als er mittelst einer konkaven Linse in passender Entfernung in den Hohlspiegel sah [2]). Derselbe **Zucchi** soll auch nach **Bailly**'s Zeugnifs *(Résumé complet de l'astronomie, Paris 1825)* die Flecken und Fackeln im Jupiter zuerst gesehen haben.

Aus allem, was ich von **Mersenne** angeführt, geht hervor, dafs er kein Physiker ersten Ranges war. Sein Hauptverdienst möchte wohl in seiner brieflichen Thätigkeit bestehen, wodurch er den Mangel eines physikalischen Journals damaliger Zeit ersetzte und viel Gutes stiftete, mitunter aber auch Unheil anrichtete. Denn so verwickelte

---

1) Wilde, Gesch. d. Optik I, 309.
2) Wilde, Gesch. d. Optik I, 307.

er **Torricelli** in einen heftigen Streit mit dem französischen Mathematiker **Roberval**, indem er dem ersteren von des letzteren Beschäftigungen mit der Cykloide 1639 schrieb ohne zu sagen, dafs das gestellte Problem, Area und Tangente, bereits von **Roberval** gelöst sei. **Torricelli** und sein Freund **Cavalieri** machten sich an das Problem, lösten es und wurden dafür, obgleich mit Unrecht, von **Roberval** des Plagiats beschuldigt. — Durch den Pater **Mersenne** gelangte also die Kunde von **Torricelli's** Entdeckung nach Frankreich und dadurch auch an **Pascal**, unter dessen Händen sie nun bald eine merkwürdige Bestätigung erfahren sollte.

149. Blaise Pascal wurde geb. am 19. Juni 1623 zu Clermont in der Auvergne und starb am 19. Aug. 1662, also nur 39 J. alt zu Paris. Er war der einzige Sohn seines Vaters Etienne, eines auch in den mathematischen Wissenschaften bewanderten Mannes, der zu Clermont die Stelle eines Präsidenten am Cour-des-aides d. i. Steuerkammer bekleidete.

Schon in der frühesten Jugend zeigte **Blaise Pascal** ganz ungewöhnliche Fähigkeiten, einen bewundernswürdigen Verstand, der von allen Dingen, die ihm vorkamen, die Ursache wissen wollte. Dies veranlafste den Vater hauptsächlich seine Stelle im J. 1631 niederzulegen, und mit seinem achtjährigen Sohn nach Paris zu ziehen, um dort ganz der Erziehung des Sohnes zu leben, der auch aufser ihm keinen anderen Lehrer hatte. Auch hier legte der junge **Blaise** bald auffallende Proben seines angeborenen Forschertalents ab. Denn als Jemand einst bei Tafel zufälligerweise an ein Trinkglas stiefs und den Ton, den es gab, dadurch unterdrückte, dafs er das Glas oben anfafste, wollte **Blaise** sogleich wissen, weshalb der Ton verstummte, und da er mit der gegebenen Erklärung nicht zufrieden war, schrieb er selbst einen Aufsatz über den Klang. Er war damals noch nicht 11 Jahr.

Der Vater hatte die Ansicht sein Sohn müsse sich erst in Sprachen ausbilden, ehe er andere Dinge lerne;

er versteckte daher förmlich die Mathematik vor seinem Sohn, und bat auch seine Freunde, nicht in dessen Gegenwart von mathematischen Gegenständen zu reden. Allein diese Absperrung war schwer durchzuführen. Der Vater war in freundschaftliche Verhältnisse getreten mit **Mersenne, Roberval, Midorge, Carcavi** u. a. Männern, welche nachmals die pariser Akademie der Wissenschaften bildeten, und schon damals wissenschaftliche Zusammenkünfte hielten. Abwechselnd versammelten sie sich auch bei dem Vater, und da hatte **Blaise** Gelegenheit bald so viel von den Beschäftigungen dieser Männer zu hören, daſs in ihm ein unwiderstehlicher Trieb zu ähnlichen Studien erwachte.

Er beschwor den Vater förmlich ihn in der Mathematik zu unterrichten, und da dieser es ihm abschlug, ihm wenigstens zu sagen, was Mathematik sei? Der Vater antwortete, es ist die Wissenschaft, welche lehrt richtige Figuren zu zeichnen und ihre gegenseitigen Verhältnisse zu finden; aber zugleich verbot er ihm auch darüber zu sprechen und darüber nachzudenken. Aber das war Oel ins Feuer gegossen! Als der Vater einige Tage darauf unvermerkt in das Zimmer seines Sohnes trat, fand er diesen vollauf beschäftigt mathematische Figuren zu zeichnen und zu kombiniren, denen er selbst gröſstentheils keine Namen zu geben wuſste, ausgenommen Kreis und Linie (rond, barre). Ja was den Vater noch mehr überraschte war zu sehen, daſs sein 12 jähriger Sohn die XXXII. Prop. des I. Buchs von Euklid, daſs in jedem Dreieck die Summe der Winkel gleich zwei rechten ist, ohne alle Anleitung aufgefunden hatte.

Von nun an war er der Neigung seines Sohnes nicht mehr entgegen! Er gab ihm den Euklid in die Hand, den **Blaise** förmlich verschlang, sowie auch andere Werke, durch deren Studium dieser es dahin brachte, daſs er bereits im 16. Jahr einen scharfsinnigen Traktat über die Kegelschnitte schrieb, von dem **Descartes** nicht anders glauben wollte, als daſs er vom Vater verfaſst wäre. Der junge **Blaise** wohnte nun regelmäſsig den Versammlungen

der erwähnten Gesellschaft bei, und beschämte durch seine Urtheile und Arbeiten nicht selten die älteren Mitglieder. Im 19. Jahre erfand er eine Rechenmaschine, die grofses Aufsehen erregte, und später den berühmten **Leibnitz** veranlafste eine ähnliche vollkommnere Maschine zu konstruiren. Jene addirte und subtrahirte nur, diese multiplicirte und dividirte auch [1]).

Neben allen diesen Beschäftigungen trieb **Pascal** auch philosophische und philologische Studien und zwar mit solcher Anstrengung, dafs seine ohne dies schon schwache Gesundheit im 18. Jahr vollständig untergraben war.

150. Durch die Verbindung mit den wissenschaftlichen Männern der Hauptstadt lernte **Pascal** die Arbeiten **Galilei's** und **Torricelli's** kennen. Der Versuch des letzteren machte einen grofsen Eindruck auf ihn; er wurde bekannt damit durch **Pierre Petit** (geb. 1598, gest. 1667), einen Schüler von **Descartes** und achtbaren Physiker und Astronomen seiner Zeit, der die Sache zunächst von **Mersenne** erfahren hatte. **Pascal** nahm daraus Anlafs den Versuch zu Rouen, wo sein Vater wiederum ein Amt im Justiz- und Finanzfach bekleidete, im grofsen Mafsstab zu wiederholen. Er füllte u. A. Röhren von 46 Fufs Länge, die oben zugeschmolzen waren, theils mit Wasser, theils mit Rothwein, und wenn er diese in der Flüssigkeit umkehrte, sah er die Säule bei einer Höhe von etwa 32 Fufs stehen bleiben, er mochte die Röhren senkrecht stellen oder mehr oder weniger neigen.

Von **Torricelli's** Versuch lernte er anfangs nur den thatsächlichen Theil kennen, nicht die Erklärung, welche **Torricelli** von der begränzten Länge der Quecksilbersäule gegeben hatte. Es war daher einigermafsen verzeihlich, dafs **Pascal** in einem Schriftchen, in welchem er den erwähnten und noch manchen anderen Versuch beschrieb, und das den Titel führt: *Experiences nouvelles touchant le*

---

[1]) Busch, Handb. der Erfindungen XI, 32.

vuide, Paris 1647 der herrschenden Meinung huldigte, und die Erscheinung dem Horror vacui zuschrieb.

Indefs kam **Pascal** bald von seinem Irrthum zurück; noch in demselben Jahre lernte er **Torricelli's** Erklärung kennen. Er fand die Idee vom Luftdruck sehr schön, hielt sie aber nicht für bewiesen und sann daher auf einen strengen Beweis. Er ordnete den Versuch so an, dafs die äufsere Luft ganz entfernt werden konnte und fand, dafs das Quecksilber in der Röhre sofort bis zur Oberfläche des Quecksilbers in dem Gefäfs, worin die Röhre stand, herabsank. Er nannte diesen sinnreichen Versuch *preuve du vuide dans le vuide.*

Hierdurch sah nun **Pascal** den Luftdruck für bewiesen an, und man mufs zugeben, dafs dies auch der erste Beweis für denselben war, denn dadurch allein, dafs man eine oben geschlossene Röhre mit Quecksilber statt Wasser füllte, war der Horror vacui noch nicht widerlegt. Indefs konnte sich **Pascal** hierbei noch nicht beruhigen, er schlofs weiter: Wenn die Quecksilbersäule im Barometer vom Luftdruck getragen wird, so mufs ihre Länge auf Bergen kürzer sein, weil dort der Luftdruck nothwendig geringer ist.

Pascal hatte grade keine Gelegenheit diese Idee auf die Probe zu stellen, er schrieb daher am 15. Nov. 1647 an seinen Schwager **Perier** zu Clermont, und bat denselben einmal zu versuchen, ob nicht auf der Spitze des Puy-de-Dôme, an dessen Fufse Clermont liegt, das Barometer niedriger stehe als in der Stadt. **Perier** fand sich dazu bereit und führte den Versuch mit vieler Umsicht aus. Er rektificirte sich 16 Pfund Quecksilber, füllte damit zwei 4 Fufs lange Glasröhren, die an dem einen Ende zugeschmolzen waren, kehrte sie in dem übrigen Quecksilber um, versah sie mit einer Papierskala und verglich sie mit einander. Beide zeigten ihm 26″ 3,5‴. Nun übergab er das eine Rohr dem Pater **Chastin**, um es den ganzen Tag über zu beobachten, und mit dem andern begab er sich am 19. Sept. 1648 auf die Spitze des etwa 3000 Fufs

hohen Puy-de-Dôme. Zu seiner und seiner Begleitung großer Verwunderung zeigte es hier nur 23" 2"', also 3" 1,5"' weniger.

Er wiederholte die Beobachtung an mehreren Punkten des Berges, und als er wieder unten ankam, hatte er wiederum 26" 3,5"' denselben Stand, den auch Pater **Chastin** während der ganzen Zeit an seinem Instrument wahrgenommen hatte.

Der Erfolg dieses Versuches, den **Perier** nicht versäumte sogleich seinem Schwager zu melden, brach nun der Lehre vom Horror vacui, wenigstens in den Augen der Einsichtsvollen, ein- für allemal den Stab. Vom 19. Sept. 1648 an konnte kein Vernünftiger mehr an die Existenz des Luftdrucks zweifeln, obgleich es später immer noch Ungläubige gegeben hat, die sich nicht von der alten Lehre trennen konnten, von dem lütticher Professor **Franz Linus** (§ 208) an bis herab zum Freiherrn v. **Drieberg** (gest. 1856) auf Protzen bei Fehrbellin, der noch im J. 1843 tausend Dukaten und 1844 das Doppelte demjenigen zugesagt hat, der ihn vom Luftdruck überführen könne. Der Preis ist noch zu gewinnen!

Pascal beschrieb den Versuch seines Schwagers schon im J. 1648 in einer Flugschrift betitelt: *Récit de la grande expérience de l'équilibre des liqueurs etc., Paris 1648*, und zog daraus u. A. den richtigen Schluſs, daſs man mittelst des Barometers den Höhenunterschied zweier Punkte finden könnte, oder richtiger gesagt, daſs man dadurch finden könnte, welche Orte gleichen oder verschiedenen Abstand vom Mittelpunkt besäſsen, denn zum Höhenmessen fehlten **Pascal** noch die Regeln. Er wiederholte denn auch den Versuch zu Paris auf dem Thurm St. Jacques de la Boucherie (25 Toisen), und fand ihn sowohl dort wie in hohen Häusern bestätigt.

Er veranlaſste auch, daſs in Paris, in Clermont und in Stockholm während der Jahre 1649 bis 51 eine Reihe von Barometerbeobachtungen gemacht wurde, um die Veränderungen des Luftdrucks kennen zu lernen, und dabei

ergab sich auch, daſs es nicht direkt die Wärme der Luft sei, welche das Barometer in Bewegung setzt, daſs vielmehr die Winde einen entschiedenen Einfluſs auf diese Bewegungen haben. **Chanut**, der stockholmer Beobachter erwähnt auch noch, daſs **Descartes**, der noch kurz vor seinem Ende von diesem Unternehmen erfuhr und selbst daran theilnahm, eine Vorrichtung angab, um die Barometerveränderungen sichtbar zu machen, die aber wegen Ungeschicklichkeit der dortigen Glasbläser nicht ausgeführt werden konnte. Sie bestand darin, daſs der obere Theil der Quecksilbersäule durch Wasser ersetzt war.

Pascal entwickelte die Lehre vom Luftdruck vollständig in einem kleinen durch die Klarheit des Vortrags ausgezeichneten Werk: *Traité de l'équilibre des liqueurs et de la pesanteur de la masse de l'air*, welches schon 1653 geschrieben ist, aber erst 1663 zu Paris, ein Jahr nach seinem Tode, erschien. Er entwickelte darin, wie das Saugen der Kinder an der Mutterbrust, das Schröpfen und andere Vorgänge ebenso gut eine Wirkung des Luftdrucks seien, wie die Erscheinungen bei Pumpen, Spritzen, Hebern und Barometern, die er indeſs noch nicht mit diesem Namen belegt, obwohl er schon von Thermometern spricht.

Er berechnet die Gröſse des Luftdrucks für eine gegebene Fläche, die er ganz richtig dem Gewicht einer 32 Fuſs hohen Wassersäule oder 28 Zoll hohen Quecksilbersäule von derselben Grundfläche gleich setzt, und macht dann daraus einen Schluſs auf die Gröſse des Gesammtdrucks der Atmosphäre, welche er = 8 283889 440000 000000 Pfund findet. — Verzeihlich ist es wohl, daſs er auch die Adhäsion zweier geschliffenen Platten aneinander dem Luftdruck zuschreibt, und die Gröſse dieser Adhäsion für verschiedene Höhen über dem Meere berechnet. Er kannte ja noch keine Luftpumpe.

Dasselbe Werk beschäftigt sich auch mit dem Gleichgewicht der tropfbaren Flüssigkeiten, worin zwar nicht zuerst, aber doch mit groſser Klarheit, die Sätze entwickelt

werden, welche von **Stevin** entdeckt waren, was aber **Pascal** wahrscheinlich nicht wufste, namentlich dafs der Druck einer Wassersäule auf den Boden eines Gefäfses nur von deren Höhe abhängt.

151. Hätte **Pascal** die physikalische Richtung länger verfolgt, so würde er ohne Zweifel noch Grofses in der Wissenschaft geleistet haben, allein mit dem J. 1650 oder schon etwas früher trat eine gänzliche Veränderung mit ihm ein. Durch das Lesen erbaulicher Schriften, und wahrscheinlich auch durch seine unausgesetzten körperlichen Leiden, bildete sich bei ihm die Ansicht aus, dafs die Religion allein eine würdige Beschäftigung des menschlichen Geistes sei. Er entsagte nun den Wissenschaften so gut wie gänzlich, und zog sich auch von aller Welt zurück. Ein tragischer Vorfall im Oktober 1654, wo auf der Brücke von Neuilly die Pferde mit ihm durchgingen, und er nur wie durch ein Wunder gerettet wurde, trug viel dazu bei seine Melancholie zu erhöhen.

In dieser Stimmung verfafste er mehrere religiöse und philosophische Schriften, die aber nur zum Theil auf uns gekommen sind. Blofs einmal zeigte er noch einen Rückfall zu seiner früheren Lieblingswissenschaft, der Mathematik.

Es war die Cykloide, die Kurve, welche ein Punkt der Peripherie eines Rades beschreibt, das auf einer graden Linie fortrollt, die dazu Veranlassung gab. Schon **Galilei** hatte sich wegen ihrer gefälligen Gestalt, die sie ihm zu Brückenbogen tauglich erscheinen liefs, mit ihr beschäftigt, und seitdem hatten mehrere Mathematiker ihren Scharfsinn an ihr versucht; **Roberval**, **Torricelli**, **Cavalieri**, **Descartes**, auch **Pascal** machte sie zum Gegenstand seines Nachdenkens und fand mehrere Probleme daran, die er 1658 den Geometern unter dem pseudonymen Namen **Amos Dettonville**[1]) vorlegte, und demjenigen einen

[1]) Dieser Name ist die anagramm. Versetzung von Louis de Montalte, unter welchem er seine Lettres provinciales gegen die Jesuiten schrieb.

Preis von respektive 40 und 20 Pistolen zusicherte, der in Jahresfrist die beste und nächst genügende Auflösung dem Mathematiker **Carcavi** einsenden würde.

Es liefen nur zwei Auflösungen ein, vom Jesuiten **Lateuere** in Toulouse, und dem englischen Mathematiker **Wallis.** Die erste wurde für ganz ungenügend erklärt, und der letzteren wegen einiger Fehler auch nicht der Preis zuerkannt. Da gab nun **Pascal** im J. 1659 seine Auflösung selbst heraus unter dem Titel: *Lettres de Mr. Dettonville à Mr. Carcavi*, während er in der Zwischenzeit, im Oktober 1658, unter seinem rechten Namen das geschichtliche des Gegenstandes in der *Histoire de la Roulette*, vielleicht etwas zu partheilich für seine Landsleute, behandelt hatte.

Pascal kündigte der *Academie des mathématiciens de Paris*, wie er die bei seinem Vater sich versammelnde Privatgesellschaft nannte, im J. 1654 noch eine beträchtliche Anzahl von mathematischen Werken an, u. A. eins über das Würfelspiel, aber alle diese Werke sind nie erschienen. Vermuthlich war daran der erwähnte tragische Vorfall die nächste Ursache. Seit jener Zeit lebte er fast wie ein Mönch auf seinem Landgut, nur beschäftigt mit Beten und Lesen der heiligen Schrift, die er nahezu auswendig lernte.

So starb er denn d. 19. August 1662 in dem Alter von 39 Jahren wie sein Geistesverwandter **Torricelli**, mit dem er auch insofern in Parallele tritt, als er seine berühmteste Idee von einem andern ausführen liefs, er von **Perier, Torricelli** von **Viviani. Pascal's** Werke erschienen im Haag und zu Paris 1779 in 5 Bänden, und später 1819 zu Paris in 6 Vol. 8°.

152. Wenden wir uns nun wieder nach Italien. Hier haben wir zunächst noch einen ausgezeichneten Mann zu betrachten, den ich schon als einen Freund und Geistesgenossen von **Torricelli** nannte, nämlich **Bonaventura Cavalieri**, nicht Cavaleri[1]), geb. 1598 in Bologna, gest. 1647

[1]) Von ihm wohl zu unterscheiden ist **Antoine Cavalleri**, Jesuit und Professor der Mathematik zu Cahors, geb. 1698 zu Bayonne, gest. ums J. 1763.

als Professor der Mathematik in Bologna. Er trat als Jüngling in den Orden der Jesuaten oder Hieronymiten, welcher von Johann Colombinus von Siena gestiftet aber schon 1668 aufgehoben wurde, und nicht zu verwechseln ist mit dem im J. 1540 von Ignatz von Loyola gestifteten Jesuiten-Orden.

Cavalieri zeigte schon früh eine so ausgezeichnete Anlage zur Mathematik, daſs seine Ordens-Oberen es für gut fanden, ihn auf die damals so berühmte Universität von Pisa zu schicken. Hier erfreute er sich des Umgangs mit **Castelli** und **Galilei**, und machte daneben solche Fortschritte in seinen Studien, daſs beide ihm die glänzendsten Erfolge voraussagten.

Im J. 1629 wurde er vom Magistrat in Bologna zum Professor der Mathematik an der dortigen Universität berufen, und schon damals hatte er das Werk ausgearbeitet, welches ihm unter seinen Zeitgenossen einen so groſsen Ruf verschaffte. Es erschien indeſs erst 1635 zu Bologna und zwar unter dem Titel: *Geometria indivisibilibus continuorum nova quadam ratione promota.*

Es wird darin gelehrt Flächen und Körper zu messen, wobei Linien als untheilbare Elemente der Flächen, und Flächen als untheilbare Elemente der Körper angesehen werden. In diesem Verfahren, das beiläufig gesagt, sein Freund **Torricelli** auf die Quadratur der Cykloide anwandte, liegt allerdings eine Ahnung von den Principien der Infinitesimal-Rechnung, als deren Vorläufer man wohl die Methode **Cavalieri's** betrachtet hat; aber andererseits ist diese Methode wiederum nur eine Abkürzung derjenigen, deren die Alten sich unter dem Namen der Exhaustions-Methode bedienten, die zwar weitläuftiger ist, aber dafür auf schärferen Begriffen beruht. Dies machte ihm auch ein Zeitgenosse, der Jesuit **Guldin** aus St. Gallen (geb. 1577, gest. 1643 zu Gratz) zum Vorwurf, der auch behauptete **Cavalieri** sei durch das Lesen der Werke **Keppler's** auf seine Methode geleitet.

Indefs ist dieser Vorwurf nicht ganz gerecht. **Keppler** hatte allerdings in seiner Stereometria doliorum etc. 1615 eine Methode beschrieben, die **Cavalieri** kannte, und die auf den ersten Blick Aehnlichkeit mit der des letzteren hat, die aber doch wesentlich von ihr verschieden ist; und was die Alten betrifft, aus denen hier **Cavalieri** nicht geschöpft zu haben scheint, so hat seine Methode, obwohl minder streng, doch den Vorzug der leichteren Anwendbarkeit. Ueberdies trifft **Guldin** ein ähnlicher Vorwurf, wie er dem **Cavalieri** machte, denn die Methode, wodurch er sich eigentlich nur einen Namen in der Geschichte der Mathematik gemacht hat, die Guldin'sche Regel zur Bestimmung des Schwerpunkts von Flächen und Körpern, die durch Umdrehung von Linien und Flächen entstehen, findet sich schon im IV. Jahrhundert von **Pappus** beschrieben (§ 3), wozu noch kommt, dafs **Guldin** die Werke des **Pappus** häufig citirt, ohne diese Regel irgendwie als dessen Eigenthum zu nennen. Das Theorem selbst, beschrieben in dem Werke **Guldin**'s: *De centro gravitatis etc. Viennae 1635,* lautet:

1) Das von einer ebenen begränzten Fläche, die sich um eine in ihrer Ebene liegende Axe dreht, beschriebene Volumen ist gleich dem Produkt aus dieser Fläche mit dem von ihrem Schwerpunkt durchlaufenen Kreise, oder $V = 2\pi y_{,} F$, wenn V das Volumen, F die Fläche und $y_{,}$ die Ordinate des Schwerpunkts bezeichnet.

2) Die von einem ebenen Kurvenbogen, der sich um eine in seiner Ebene enthaltenen Axe dreht, erzeugte Fläche ist gleich diesem Bogen, multiplicirt mit dem von seinem Schwerpunkt beschriebenen Kreise, oder $F = 2\pi y_{,} B$, wo F die Fläche, B den Bogen, $y_{,}$ die Ordinate des Schwerpunkts bedeutet.

Uebrigens soll auch **Galilei** den Calculus indivisibilium erfunden haben[1]), wovon indefs nichts auf uns gekommen

---

[1]) Libri, Hist. des sc. math. en Italie IV, 288.

ist. **Cavalieri** bezeugt in einem Brief an **Galilei** vom J. 1626, daſs er sein Werk, welches schon 1626 vollendet war, nur zurückhalte, um **Galilei** Zeit zu lassen, das seinige zu publiciren.

In nähere Beziehung zur Physik tritt **Cavalieri** durch zwei Werke: *De speculo ustorio 1632*, und *Exercitationes geometricae, Bonon. 1647.* Das letztere sichert ihm einen ehrenvollen Platz in der Geschichte der Physik, denn hierin giebt er zuerst die vollständige Lösung des Problems, die Brennweite jeder konvexen oder konkaven Linse zu finden. **Keppler** war dies nur für die plankonvexe und gleichseitige bikonvexe Linse gelungen (§ 74); dagegen beschränkte sich **Cavalieri** auf die Brennweiten, d. h. auf die mit der Axe parallel einfallenden Strahlen, die Vereinigungsweiten überhaupt wurden erst später gefunden.

153. Da mich **Cavalieri** auf die Optik geführt hat, so kann ich nicht unterlassen, hier seinen Mitbürger **Grimaldi** (§ 132) näher zu betrachten. Ich habe denselben schon bei **Riccioli** namhaft gemacht, aber damals seine optischen Leistungen nur beiläufig erwähnt, um die Entwicklung der Fortschritte in der Mechanik nicht zu unterbrechen. **Grimaldi** lebte gleichzeitig mit **Cavalieri** in Bologna. Beide waren Geistliche, ersterer Jesuit, letzterer Jesuat, beide kultivirten die Optik, aber während **Cavalieri** die mathematische Richtung verfolgte, schlug **Grimaldi** den experimentellen Weg ein.

Cavalieri hat unstreitig seine Verdienste, allein wenn man zwischen beiden abwägen will, so muſs man bekennen, daſs der Ausschlag sehr bedeutend auf Seiten **Grimaldi**'s neigt, denn er hat die Lehre vom Licht mit Thatsachen bereichert, die wirklich epochemachend sind und wirklich Epoche gemacht haben würden, wenn ihre Entdeckung in eine andere Zeit gefallen wäre; sie theilte aber das Schicksal aller der Entdeckungen, die zu früh kommen, sie ging spurlos an den Zeitgenossen vorüber und der bescheidene Mann, der nicht einmal wagte, sie bei seinen Lebzeiten

zu veröffentlichen, wurde vergessen, bis ihn die neueste Zeit ehrenvoll ins Gedächtnifs zurückrief.

Die Entdeckungen, auf die ich hier anspiele, sind die wichtigen der Diffraktion oder Inflexion, Lichtbeugung, und der Dispersion oder Farbenzerstreuung, die obwohl Andeutungen von ihnen schon früher vorkommen, doch unbedenklich **Grimaldi** zugeschrieben werden müssen, und die zwei Jahr nach seinem Tode in dem Werke: *Physico-Mathesis de lumine, coloribus et iride, Bononiae 1665* veröffentlicht worden sind.

Was zunächst die Lichtbeugung betrifft, für welche **Grimaldi** den noch heute üblichen Namen Diffraktion gebraucht, so hat er sie durch folgenden einfachen Versuch dargethan. Er liefs Licht durch eine kleine Oeffnung in dem Fensterladen eines dunklen Zimmers auf einen schmalen Körper fallen, und fing den durch letzteren gebildeten Schatten mit einer weifsen Tafel auf. Wenn das Licht sich blofs gradlinig fortpflanzt, so würde man von dem aufgestellten Körper einen Kernschatten, und daneben jederseits einen Halbschatten erhalten.

Grimaldi bemerkte nun, dafs der gesammte Schatten bedeutend gröfser sei, als er bei gradliniger Fortpflanzung des Lichts sein müfste, also der physische Schatten beträchtlich breiter ist als der geometrische, den man berechnen kann; dafs aufserhalb des physischen Schattens helle und dunkle Streifen sichtbar sind; dafs die hellen Streifen in der Mitte farblos sind, nach dem Schatten hin aber blaue und von ihm abwärts rothe Ränder haben, und dafs diese Streifen desto breiter werden, je weiter man sie vom Körper entfernt auffängt. Bei lebhaftem Sonnenlicht und nicht zu grofser oder zu kleiner Breite des Körpers erblickt man auch innerhalb des Schattens solche Streifen, die wie alle übrigen dem Rand des Körpers parallel laufen, also grade sind, wenn es der Körper auch ist.

Einen andern hierher gehörigen merkwürdigen Versuch beschreibt **Grimaldi** in Propos. XXII seines Werkes.

Diese Propositio ist überschrieben: Ein erleuchteter Körper kann dunkler werden, wenn zu dem Lichte, welches er empfängt, noch neues Licht hinzutritt. — Das ist derselbe Satz, den **Arago** in neuerer Zeit so oft ausgesprochen und paradoxer ausgedrückt hat: Licht zu Licht addirt giebt Finsternifs!

Der Versuch ist folgender: Zwei Löcher in dem Fensterladen eines dunklen Zimmers nahe an einander angebracht, geben zwei Lichtkegel, die einander zum Theil übergreifen, und mit einer weissen Karte aufgefangen werden. Jeder Lichtkegel für sich aufgefangen giebt eine weifse Scheibe, die in der Mitte heller ist als am Rande, der Rand erscheint schattirt, zeigt aber bei genauer Betrachtung eine röthliche Farbe.

Fängt man beide Kegel zugleich auf und in solchem Abstande, dafs sie einander zum Theil übergreifen, so bemerkt man, dafs die Mitte des von den übergreifenden Rändern eingeschlossenen Raumes heller ist, als die beiden Reste der Kreisflächen, und dafs die den hellen Mittelraum begränzenden Bogenstücke auffallend dunkel sind. Nähert man die Karte den Löchern, so werden die Bogen röthlich, entfernt man sie, so werden diese noch dunkler.

Versuche ganz gleicher Art, wie die eben erwähnten, sind in neuerer Zeit von den beiden grossen Physikern **Thomas Young** und **Fresnel** angestellt, um die fast vergessene Undulationstheorie des Lichts wieder in ihre Rechte einzusetzen, und das daraus hervorgehende Princip der gegenseitigen Einwirkung der Lichtstrahlen, das Interferenzprincip, welches umgekehrt eine so schöne Bestätigung der Undulationstheorie abgiebt, damit zu erweisen.

Auch **Grimaldi** hatte eine Ahnung von der wellenartigen Fortpflanzung des Lichts, aber er konnte noch nicht mit sich ins Reine kommen, und war keineswegs im Stande sich genügende Rechenschaft von den beobachteten Erscheinungen zu geben. Aber auf dem Wege dahin war er, das geht aus nachstehender Aeufserung hervor, die er der Beschreibung des ersten Versuchs folgen läfst:

So wie sich, sagt er, wenn man einen Stein in's Wasser wirft, um diesen wie um einen Mittelpunkt kreisförmige Erhöhungen des Wassers bilden, grade so entstehen um den Schatten des undurchsichtigen Gegenstandes jene glänzenderen Streifen, die sich nach Verschiedenheit der Gestalt des letzteren entweder in die Länge ausbreiten oder gekrümmt erscheinen. Und so wie jene kreisförmigen Wellen nichts anderes sind als angehäuftes Wasser, um welches sich auf beiden Seiten eine Furche hinzieht, so sind auch die glänzenden Streifen nichts anderes, als das Licht selbst, das durch eine heftige Zerstreuung ungleichmäfsig vertheilt, und durch schattige Intervalle getrennt wird. So wie endlich die kreisförmigen Wasserwellen breiter werden, wenn sie sich mehr von dem Quell ihrer Erregung entfernen, ebenso bemerken wir dasselbe an den glänzenden Streifen, je weiter sie von dem Anfang ihrer Erregung abstehen [1]).

Aehnlich spricht sich **Grimaldi** auch über den zweiten Versuch aus, und überhaupt zieht sich die Idee, dafs das Licht aus einer feinen Flüssigkeit bestehe, die in wellenförmiger Bewegung, in einer fluitatio, undulatio, agitatio, volutatio befindlich sei, durch das ganze Werk hin.

Ein anderer merkwürdiger Versuch, der ganz in die Klasse der eben beschriebenen gehört, ist der in Propositio XXIX (p. 231) überschrieben: *Lumen non coloratum aliquando coloratur per solam reflexionem — ungefärbtes Licht wird mitunter durch blofse Reflexion gefärbt.* — Es ist ganz der schon bei **Deschales** erwähnte Versuch, in welchem aber **Grimaldi** die Priorität gebührt (§ 134), nämlich der Versuch, bei welchem Sonnenlicht in einer dunklen Kammer von einer mit feinen Ritzen überzogenen Metallplatte reflektirt, und die zurückgeworfenen Strahlen auf einer weifsen Tafel aufgefangen werden, auf welcher sie Farben zeigen. Diese verdanken ihre Entstehung eben-

---

[1]) Wilde, Gesch. d. Optik I, 326.

falls der Diffraktion oder Inflexion, als deren Entdecker in dieser Gestalt **Grimaldi** ebenfalls betrachtet werden muſs.

Grimaldi setzt auch auseinander, daſs ähnlicher Natur die Farben seien, die man bei Reflexion des Lichts von einem feinen Silberdraht bemerkt, von den Spinnfäden, an den Federn des Taubenhalses u. s. w.

Aus diesen Beispielen wird erhellen, daſs **Grimaldi** das Phänomen der Diffraktion unter mannichfacher Gestaltung und bis in seine Einzelheiten sorgfältig, wenn auch nicht grade erschöpfend studirte. Er muſs daher mit Recht als Entdecker der Diffraktion angesehen werden, und dieses Recht ist ihm nicht streitig zu machen dadurch, daſs schon vor ihm eine Andeutung von dem Phänomen beobachtet wurde. Eine solche Andeutung sah nämlich der als Maler und Bildhauer so berühmte **Leonardo da Vinci**, der mit seinem hohen Kunstgenie ein nicht minder bewundernswerthes Talent zur Naturforschung verband.

Wie wir jetzt aus seinen nur zum Theil gedruckten Manuskripten wissen, hat derselbe allerdings einen Fall von Diffraktion beobachtet. Er lieſs nämlich Sonnenlicht durch eine schmale Spalte in ein finsteres Zimmer treten, und sah nun diese Spalte gleichmäſsig erleuchtet und von gleicher Breite. Als er darauf zwischen der Spalte und dem Auge einen Gegenstand quer davor hielt, bemerkte er, daſs sich das Bild der Spalte in der Nähe der beiden Ränder des Gegenstandes bedeutend zusammenzog [1]. — Dies ist die Beobachtung von **Leonardo**. Wir finden nicht, daſs er die Streifen oder Fransen an oder in dem Schatten bemerkt, oder das Phänomen irgend wie weiter verfolgt oder zu erklären gesucht hätte; wir können ihm daher auch noch nicht um diese vielleicht zufällige und jedenfalls von ihm vernachlässigte Beobachtung die Entdeckung der Diffraktion zuschreiben, diese kann Niemand anders als **Grimaldi** zuerkannt werden.

---

[1] Libri, Hist. etc. III, 234.

154. Anders verhält es sich mit der Dispersion oder Farbenzerstreuung; hier ist die Entscheidung etwas zweifelhaft. Allerdings hat **Grimaldi** die Ausbreitung der Strahlen bei der prismatischen Refraktion zuerst beobachtet; denn als er Sonnenstrahlen durch ein Prisma gehen liefs und das Bild mit einer weifsen Tafel auffing, fand er dieses nicht nur an den Rändern gefärbt, sondern auch beträchtlich in die Länge gezogen. Diese Ausbreitung der Strahlen ist unstreitig seine Entdeckung, wie andererseits das Auftreten der Farben in dem durch ein Prisma gegangenen Licht schon lange vor ihm beobachtet ist. Es fragt sich, ob man ihm darum die Entdeckung der Dispersion zuschreiben könne?

Wenn nur derjenige darauf Anspruch hat, der zuerst eine genügende Ansicht von der Ursache jener Strahlenausbreitung aufstellte, so hat **Grimaldi** keinen auf die Dispersion. Denn wiewohl er offenbar viel über das Phänomen nachgedacht hat, dasselbe in seinem Werke weitläuftig bespricht, ja sogar einmal sagt, dafs ein Theil des Lichtstrahls stärker gebrochen werde als ein anderer, so kommt er doch nicht zu einer klaren Vorstellung oder einem entschiedenen Resultat.

Ich bin der Meinung, dafs man die Entdeckung der Dispersion als Thatsache gerechterweise **Grimaldi** nicht streitig machen kann, wiewohl man andererseits **Newton** die Ehre lassen mufs, zuerst eine bis jetzt genügende Theorie für das Phänomen gegeben zu haben. Aber vorgearbeitet hat hier **Grimaldi** dem grofsen Briten, und das nicht blofs hier bei der Dispersion, sondern überhaupt bei der Frage über das Wesen der Farben. **Grimaldi** bleibt auch bei dieser Frage in seiner gewohnten Dunkelheit und Unentschiedenheit stecken, aber es geht doch aus vielen Stellen seines Werkes hervor, dafs er die Farben oder Farbenstrahlen nicht als etwas verschiedenes vom Licht betrachtet, dafs er sie vielmehr als Bestandtheile des farblosen Lichts angesehen wissen will; dafs er ferner die sogenannten eigenen Farben der Körper nicht als eine

Eigenschaft ansieht, welche diese auch im Dunkeln besäßsen, sondern als eine solche, die sie erst durch das Licht bekommen.

Das alles sind Ansichten, die man bestimmter ausgesprochen bei **Newton** wieder findet oder finden kann. Aber in anderer Rücksicht weicht er doch sehr von **Newton** ab, und nähert sich in seinen Ansichten der Undulationstheorie. Er hält es für wahrscheinlich, daſs die Farben aus einer Aenderung der Art und Geschwindigkeit der Bewegung entspringen, daſs die Verschiedenheit der Farben ebenso durch Erzitterungen eines feinen Fluidums, die mit ungleicher Geschwindigkeit das Auge afficiren, bewirkt werde, wie die Verschiedenheit der Töne durch Luftschwingungen von ungleicher Geschwindigkeit.

Ueberhaupt sieht man deutlich aus dem ganzen Werk, wie ich schon bemerkte, daſs **Grimaldi** die Idee von einer wellenartigen Fortpflanzung des Lichtes vorschwebte, und daſs er nur nicht so glücklich war dieselbe auszubilden. Einen deutlichen Beweis davon liefern seine Versuche, das Phänomen der Refraktion zu erklären. In der That, wenn man die bei dieser Gelegenheit in der Physico-Mathesis gegebenen Holzschnitte ansieht, muſs man überrascht werden von der Aehnlichkeit der Figuren mit denen, welche unsere neuesten Lehrbücher der Physik enthalten. Es sind gradezu dieselben!

Man glaubt schon, **Grimaldi** habe nun die Undulationstheorie. Wenn man aber den daneben stehenden Text mit Aufmerksamkeit liest, so findet man bald, daſs der Verfasser auf halbem Wege stehen geblieben ist. Er spricht vom Lichtstrahl nicht als von einer bloſs geometrischen Linie, sondern nimmt einen physischen Lichtstrahl an, ein Strahlenbündel, das immer noch eine gewisse obgleich sehr geringe Dicke hat, und worin man noch einzelne Elementarstrahlen unterscheiden kann. Wenn nun ein solches Strahlenbündel in schiefer Richtung auf eine brechende Fläche fällt, so können, sagt **Grimaldi**, die einzelnen Elementarstrahlen nicht alle gleichzeitig auf der Fläche anlangen,

die unteren werden schon eine gewisse Strecke in das neue Medium eingedrungen sein, wenn die oberen in der Trennungsfläche angelangt sind.

Das ist ganz die Betrachtung unserer heutigen Undulationstheorie. Nun sagt Grimaldi weiter: In dem brechenden Mittel, wenn es dichter als die Luft ist, schreitet das Strahlenbündel langsamer vor als in der Luft. Das ist wieder ein Hauptdogma der Undulationstheorie, wodurch sie sich von der Emissionslehre unterscheidet. Vermöge dieser geringeren Geschwindigkeit rückt der zuerst in das brechende Mittel eingetretene Strahl langsamer vor als der obere noch in der Luft befindliche des betrachteten Bündels. Auch dies ist ganz richtig und konform der Undulationstheorie; aber wie nun weiter? wodurch wird der Strahl gebrochen oder geknickt? Da weiſs sich Grimaldi nicht anders zu helfen, als durch Hypothesen, die ihm selbst ganz unwahrscheinlich vorkommen, und den Vorgang unaufgeklärt lassen.

Aus diesem Allen ersieht man, daſs Grimaldi auf dem Wege war die Undulationstheorie aufzufinden, aber nicht zum Ziele gelangte, in ähnlicher Weise, wie von Keppler an bis Newton wohl mehr als einer auf den Gedanken kam, die Bewegung der Himmelskörper durch eine gegenseitige Anziehung derselben zu erklären, es aber nicht verstand diesen fruchtbaren Gedanken bis zur vollendeten Gravitationstheorie auszuarbeiten.

Göthe [1]) behandelt in seiner Farbenlehre Grimaldi offenbar nicht ganz gerecht, wenn er von ihm sagt: Man sehe, daſs der Verfasser der Physico-Mathesis in allen Subtilitäten der Dialektik geübt sei, daſs seine Darstellungsweise problematisch ja ironisch sei, welches einer so ernsten folgerechten Arbeit eine ganz wunderliche Wendung gebe.

Wahr ist es freilich, daſs Grimaldi im ersten Buch seines Werks auf 472 Quartseiten 60 Propositionen beibringt, um zu beweisen, daſs das Licht substantiell sei,

---

[1]) Sämmtliche Werke in 6 Bdn., Farbenlehre VI, 369.

worauf er im zweiten Buch auf 63 Quartseiten diese Meinung wieder so modificirt, dafs es schliefslich unentschieden bleibt, welches seine Ansicht ist. Allein ich glaube, wir haben dieses Hin- und Herschwanken nur als einen Beweis seiner eigenen Unschlüssigkeit anzusehen, die ihn auch wohl abgehalten haben mag, das Werk bei seinen Lebzeiten herauszugeben. Unmöglich hätte Grimaldi seinen Gegenstand mit solchem Ernst und solcher Ausdauer verfolgen können, wenn es ihm nicht redlich um Ergründung der Wahrheit zu thun gewesen wäre.

Geschichte der Akademien.

155. Bereits das Alterthum zeigt uns ein Institut, auf welches wir den Namen einer Akademie in dem jetzt gebräuchlichen Sinne übertragen können. Es ist dies das Museum zu Alexandrien, welches etwa 250 Jahre v. Chr. von dem kunst- und prachtliebenden Ptolemaeus Philadelphus gegründet und von seinen Nachfolgern gepflegt, Aegypten auf viele Jahrhunderte, selbst die ganze Römerherrschaft hindurch bis zum Einbruch der Araber, zu einem Sitz von griechischer Gelehrsamkeit gemacht hatte.

Dies alexandrinische Museum war eine Akademie in unserm Sinne, ein Verein von Gelehrten, welche blofs für die Erweiterung und Vervollkommnung der Wissenschaften thätig sein sollten. Indessen scheint es, dafs mindestens später eine hohe Schule damit verbunden wurde, und einzelne Personen hier durch den Umgang mit den Akademikern ihre Bildung erst erhielten. Besonders ruhmvoll für die alexandrinische Schule ist das Andenken, welches sie in der Mathematik hinterlassen hat. Drei der ersten Mathematiker des Alterthums lebten und wirkten hier: Euklid, der Vater der Geometrie, aus Alexandrien gebürtig, um 300 v. Chr.; Apollonius aus Perga in Pamphylien, 200 v. Chr., bekannt durch seine schönen Untersuchungen über die Kegelschnitte; Diophantus, muthmafslich im IV. Jahrhundert n. Chr., der Urheber der unbestimmten Analysis, vielleicht der Algebra. Nicht minder ausgezeichnet für

Alexandrien sind: **Eratosthenes** aus Cyrena, 275 vor unserer Zeitrechnung lebend, durch seinen Versuch, die Gröfse der Erde durch eine Gradmessung zu bestimmen, berühmt. **Ptolemaeus**, 70 n. Chr. zu Pelusium in Aegypten geboren, der ausgezeichnete Geograph und Urheber des nach ihm benannten und viele Jahrhunderte hindurch für richtig gegoltenen Sonnensystems, zugleich auch Verfasser einer Optik, die schon dadurch merkwürdig ist, dafs in ihr Versuche, nämlich Versuche zur Bestimmung der Refraktion beschrieben werden, da sonst den Alten das Experiment unbekannt war. Auch **Hypatia** (gest. 415 n. Chr.), die Tochter des Mathematikers **Theon**, Verfasserin eines Kommentars zum Appollonius und eines anderen zum Diophant, sowie **Synesios** (gest. 410 n. Chr.), Erfinder eines Astrolabiums, lebten und lehrten in Alexandrien.

Nach dem Muster des alexandrinischen Museums wurden zwar anfangs von den Juden des Orients, dann von den Nestorianern und den Arabern mehrere kleine Anstalten gegründet, die aber doch nur gelehrte Schulen waren und keine akademischen Institute.

Mit mehr Recht läfst sich der Name Akademie auf die Gelehrten-Vereine übertragen, welche verschiedene Wissenschaft liebende Fürsten des Mittelalters um ihre Person versammelten. Eine solche Hof-Akademie gründete **Karl der Grofse** auf Betrieb seines Lehrers **Alcuin**, eines Engländers, der 736 zu York geboren ist, und 804 als Abt von St. Martin in Tours starb. Karl selbst war Mitglied dieser Akademie, deren Zweck auf die Verbreitung literarischer Kenntnisse und die Verfeinerung der deutschen Sprache gerichtet war.

Ein zweites Beispiel solcher Akademie gab der Mongolen-Chan **Ulug-Beg**, ein Enkel des berühmten Eroberers Tamerlan, welcher im J. 1430 auf Veranlassung seines Lehrers **Salaheddin** eine Anzahl der ausgezeichnetsten Astronomen des Orients an seinen Hof berief, und durch sie mehrere für die Zeit recht werthvolle Messungen und Beobachtungen ausführen liefs.

Endlich gehört auch zu den Stiftern solcher Institute Kaiser **Rudolph II.** (reg. von 1576—1612), der seine Hofburg zu Prag in eine alchemistisch-astrologische Akademie verwandelte, jedoch auch der Astronomie reellen Vorschub leistete, indem er Männer wie **Tycho Brahe** und **Keppler** berief und unterstützte, obgleich den Letzten nur kärglich.

Diese drei Institute waren indeſs eigentlich nur zu Nutz und Frommen ihrer Stifter gegründet, und gingen daher auch sogleich mit deren Tode wieder ein. Auch war keins dieser Institute unseren physikalischen Wissenschaften gewidmet, denn das alchemistische Treiben Kaiser Rudolphs hatte nicht die Förderung chemischer Kenntnisse, sondern nur die Füllung seiner erschöpften Kassen zum Zweck.

156. Die erste Idee zu eigentlichen wissenschaftlichen Akademien, die Gründung gelehrter Vereine nach heutigem Zuschnitt, bestimmt zur Erweiterung und Ausbreitung aller auch der Naturwissenschaften, stammt aus Italien, der Wiege der neueuropäischen Kultur. Italien ist die Heimath der Akademien, hier sind sie wie Pilze aus der Erde geschossen. Es gab eine Zeit, wo man deren allein in der Stadt Mailand 25 zählte, und die Summe aller, die ins Leben traten, freilich mitunter nur auf kurze Zeit, schlägt man auf nicht weniger als 550 an.

So zahlreich sie waren, so seltsam und wunderlich waren auch die Namen, die viele derselben gewählt hatten. Da gab es eine *Accademia eccentrica*, *Acc. degl' infiammati*, *Acc. degli ardenti*, *Acc. degl' illuminati*, *A. dei tenebrosi*, *A. dei lunatici (Mondsüchtigen)*, *-insipidi*, *-acerbi*, *-acuti*, *-offusi*, *-oscuri*, *-oziosi etc.* Natürlich waren dies nicht alles Akademien von der Art, wie wir sie gegenwärtig in den meisten Hauptstädten Europas antreffen. Es waren vielmehr Privatgesellschaften, die sich zu artistischen, literarischen, humanistischen und wissenschaftlichen Zwecken gebildet hatten, ähnlich denen, wie wir auch im lieben Deutschland wohl eine Legion aufzuweisen haben.

Die wenigsten dieser italienischen Akademien waren auf Naturforschung gerichtet, und eine noch geringere Zahl hatte sich die Förderung des physikalischen Studiums zum Ziel gesetzt. Unter diesen ist, wenn man einen schwachen Versuch von **Leonardo da Vinci** in Mailand ausnimmt, die von **Porta** im J. 1560 zu Neapel gegründete *Academia secretorum naturae* die erste (s. § 59). Dies war eigentlich eine physikalische Gesellschaft, in welche keiner aufgenommen wurde, der nicht eine Entdeckung oder sonst eine physikalische Neuigkeit mitzutheilen im Stande war. Sie hatte aber leider keinen langen Bestand. Der päpstliche Stuhl besorgend, daſs die Verbreitung der Naturkenntnisse die katholischen Glaubenslehren untergraben könnte, machte den Sitzungen dieser ersten naturwissenschaftlichen Akademie schon nach wenigen Jahren ein Ende. Auf Betrieb eines Franzosen, dem sich **Porta** verfeindet hatte, wurde **Porta** der Magie und Giftmischerei angeklagt, hauptsächlich weil er über die Hexensalbe *lamiarum unguentum* geschrieben hatte. Er muſste nach Rom wandern, um sich gegen die Anklage zu rechtfertigen und konnte von Glück sagen, daſs er frei gesprochen wurde. Aber seine Akademie blieb aufgelöst, ohne daſs irgend eine erhebliche Leistung aus ihrem Schoſse hervorgegangen wäre.

Demnächst wäre zu nennen die *Academia Telesiana oder Cosentina*, deren Zweck aber weniger auf Naturforschung gerichtet war, als auf Widerlegung der Irrthümer des **Aristoteles**. Sie wurde gestiftet von **Bernhard Telesius**, geb. 1509 zu Cosenza und gest. 1588 zu Neapel. Er hatte das Unglück bei der Eroberung Roms durch Carl V. 1527 in Gefangenschaft zu gerathen, in welcher er 14 Jahre gehalten wurde. Nach seiner Befreiung studirte er in Padua und lehrte später Philosophie in Neapel. Seine Schriften, hauptsächlich metaphysischen und naturphilosophischen Inhalts, sind ausgezeichnet durch ihre Opposition gegen **Aristoteles**, und verschafften ihm einen groſsen Ruf. Er nahm statt der 4 Elemente nur 2 an, Wärme und Kälte.

Die im J. 1603 vom Fürsten Cesi zu Rom gegründete *Accademia dei Lyncei* oder Luchs-Akademie, weil sie sich den Luchs oder vielmehr dessen scharfes Auge zum Symbol genommen hatte, in welcher auch Galilei einige Vorträge hielt, war nicht allein auf Förderung des Naturstudiums, sondern auch auf die der Kunst und Literatur gerichtet.

Noch weniger kann die *Accademia della Crusca* zu Rom für eine physikalische Gesellschaft gelten, obwohl Torricelli darin einige Vorlesungen gehalten hat. Denn diese Akademie hatte sich die Reinigung der italienischen Sprache, die Säuberung derselben von der Kleie (Crusca) zum Hauptgegenstand gesetzt. Daher finden wir denn auch auf dem Titel der 1715 gedruckten Vorlesungen Torricelli's eigends von den Censoren dieser Akademie attestirt, dafs sich keine Sprachfehler darin befinden![1])

Accademia del Cimento.

157. Erst 15 Jahre nach Galilei's Tode gestalteten sich die Umstände zu Florenz so günstig, dafs wieder an eine physikalische Gesellschaft oder Akademie gedacht werden konnte. Was speciell zu derselben Veranlassung gab, ist nicht genau bekannt, aber im Allgemeinen lassen sich die gründenden Elemente leicht angeben. In Florenz lebte noch eine nicht unbeträchtliche Anzahl von Männern, die Galilei und Torricelli persönlich gekannt, den Unterricht derselben genossen hatten, und dadurch zur Nacheiferung angespornt worden waren. Dazu kam, dafs der Grofsherzog Ferdinand II., unter dem Galilei die merkwürdigen Begegnisse mit dem römischen Stuhl erlebt hatte, sowie dessen Bruder der Fürst Leopold von Medici den physikalischen Wissenschaften zugethan waren. Beide sollen sogar, wenn man den gleichzeitigen Schriftstellern trauen darf, verschiedene Instrumente theils erfunden, theils verbessert haben. Was war also natürlicher, als dafs unter ihrer Aegide eine Akademie zu Stande kam, welche aus-

[1]) Kästner, Gesch. d. Math. III, 461.

schliefslich die physikalischen Wissenschaften zum Zielpunkt ihres Strebens machte.

Einige Geschichtsschreiber, namentlich **Tiraboschi** lassen gradezu den Fürsten Leopold den ersten Gedanken zu einer physikalischen Akademie fassen, und den Grofsherzog Ferdinand II. schon im J. 1651 den Entwurf zu einer solchen machen. Ich kann dies nicht verbürgen, aber soviel ist gewifs, dafs die Akademie erst 6 Jahre später ins Leben trat. Der 19. Juni 1657 war der Stiftungstag der neuen Akademie, die den Namen *Accademia del Cimento*, Akademie des Versuchs, erhielt, weil sie sich zur Aufgabe gestellt hatte, die Natur alleinig auf dem Wege des Experiments zu ergründen.

Wenige Akademien haben ihre Aufgabe so schön verstanden als eben diese, von der man mit Recht gesagt hat, es sei mit ihr der Geist Galilei's wieder aus seiner Asche emporgestiegen. Es schien für unsere Wissenschaften eine neue glänzende Epoche für Italien hereinbrechen zu wollen, aber leider sollte es sich nur zu bald bestätigen, dafs Fürstengunst allein eine gar wandelbare Stütze ist. Denn dieselben Medici, die dieses Asyl der Wissenschaft mit so vielem Eifer begründet hatten, liefsen es ebenso schnell wieder fallen, verkauften es gleichsam an Rom, weil dieses darauf bestand, nur unter Bedingung der Auflösung der Akademie dem Fürsten Leopold den begehrten Kardinalshut verleihen zu wollen.

Leopold willigte ein, er bekam den Purpur und die Accademia del Cimento sank ins Grab. Es war im J. 1667, also nur ein Decennium nach der Stiftung der Akademie, dafs Rom auch diesen unwürdigen Sieg errang.

158. Die Accademia del Cimento bestand nur aus wenigen Mitgliedern; ihre Zahl überstieg nicht die der Musen, aber diese kleine Schar war im Ganzen eine auserlesene. In dieser Beziehung hat die Geschichte nur ein Seitenstück zu dieser Akademie aufzuweisen, nämlich die *Société d'Arcueil*, die Gesellschaft, die sich im J. 1807 konstituirte und ihre Versammlungen im Landhause des älteren

Berthollet zu Arcueil bei Paris hielt. Auch diese Gesellschaft bestand wenigstens anfangs nur aus 9 Mitgliedern von der Elite der pariser Akademie, und sie wurde nach einem Decennium ebenfalls aufgelöst, freilich nicht durch die Ränke der Hierarchie, sondern auf freien Entschlufs der Mitglieder.

Gewifs haben beide Gesellschaften sehr Bedeutendes für die Wissenschaft geleistet, und es würde wohl schwer sein zu entscheiden, welcher von ihnen, absolut genommen, der Vorrang darin gebühre. Aber relativ in Bezug auf die gleichzeitigen Leistungen anderer Physiker, war die Thätigkeit der Acc. del Cim. eine weit hervorragendere. Auch noch in anderer Hinsicht steht sie nicht allein über der Societé d'Arcueil, sondern über den meisten der bisherigen Akademien und gelehrten Gesellschaften. Denn während bei diesen nur höchst selten von einem wahrhaften Zusammenwirken auf ein gemeinsames Ziel die Rede ist, hat die Acc. del Cim. ein Beispiel von Einigkeit des Strebens aufgestellt, wie es, wenigstens in der Geschichte der Physik, nicht wieder anzutreffen ist.

Ihre Mitglieder standen gleichsam Alle für Einen, keiner hat sich genannt bei den Untersuchungen, die sie vermuthlich alle gemeinsam anstellten. Die Resultate derselben sind nur unter dem Namen der Akademie veröffentlicht, und so kann wenigstens das gröfsere Publikum gegenwärtig nicht wissen, welchen Antheil die einzelnen Mitglieder an dieser oder jener Forschung genommen haben. Die Frucht ihrer gemeinschaftlichen Thätigkeit erschien als ein Quartband zuerst in italienischer Sprache unter dem Titel: *Saggi di naturali sperienze fatte nell' Accademia del Cimento, Firenze 1667,* dann *1692.* Die Dedikation an den Grofsherzog datirt vom 14. Juli 1667. Eine vermehrte und verbesserte Edition gab heraus **Targione Tozetti** im J. 1780.[1])

---

[1]) Tiraboschi, Storia della lett. ital. VIII, 355.

Später besorgte der holländische Physiker **Musschenbroek** davon eine lateinische Uebersetzung betitelt: *Tentamina experimentorum naturalium captorum in Academia del Cimento, Lugd. 1731*, welche in unseren Bibliotheken häufiger angetroffen wird als das Originalwerk.

Eine noch neuere Ausgabe der Saggi nebst Supplement aus dem Diario verdanken wir dem Großherzog Leopold II. von Toskana, welcher 1859 dem Thron entsagte. Derselbe hat durch diese Ausgabe, nicht minder wie durch seine Sorge für die Erhaltung der Handschriften **Galilei's**, ein redendes Zeugniß seiner Begeisterung für jene glorreiche Zeit der Mediceer an den Tag gelegt. Er hat die Saggi sehr splendid auf seine Kosten 1841 drucken, und unter die im Sept. 1841 zu Florenz versammelten italienischen Naturforscher vertheilen lassen. In den Buchhandel ist diese Ausgabe nicht gekommen, ich habe indeß Gelegenheit gehabt sie zu benutzen. Sie ist berichtigt und vermehrt nach den in der großherzogl. Bibliothek aufbewahrten handschriftlichen Originalen. Daselbst wird auch das Tagebuch der Akademie aufbewahrt, aus welchem man nun genau ersehen konnte, was und wieviel jeder Akademiker zu den gemeinschaftlichen Arbeiten beitrug.

Das Werk erregte zur Zeit seines ersten Erscheinens ungemeines Aufsehen. In Frankreich, England, Deutschland und selbst bei den Einsichtsvollen Italiens wurde es mit Enthusiasmus aufgenommen; aber es scheuchte auch die Feinde der freien Naturforschung auf, um wo sie konnten, ihre giftigen Pfeile auf dasselbe herabzuschießen, und wohl sagt **Antinori**, der Verfasser der neuen Ausgabe, mit Recht: Unsere Akademie starb wie eine unglückliche Mutter an dem ersten Kinde, das sie gebar.

Die Versammlungen der Akademie wurden in dem Palast des Fürsten Leopold gehalten, der regelmäßig den Sitzungen beiwohnte und großen Antheil an den Verhandlungen nahm.

Mitglieder der Acc. del Cimento.

159. Was nun die persönlichen Verhältnisse betrifft, so waren die Namen der neun Akademiker in alphabetischer Ordnung genommen folgende[1]): 1) Giovanni Alfonso **Borelli**; 2) Candido del **Buono**; 3) Paolo del **Buono**; 4) Lorenzo **Magalotti**; 5) Alessandro **Marsili**; 6) Antonio **Oliva** (Uliva); 7) Francesco **Redi**; 8) Carlo **Renaldini**; 9) Vincenzo **Viviani**.

Giovanni Alfonso Borelli[2]), geb. 1608 zu Castel nuovo im Neapolitanischen, und gest. zu Rom 1679 im Kloster St. Pantaleone. Schon im frühen Jünglingsalter ging er nach Rom, um dort Philosophie und Mathematik unter **Castelli** zu studiren, bei welchem auch **Torricelli** und **Cavalieri** ihre Schule machten. Nach vollendeten Studien wurde er Professor der Mathematik in Messina, wo er u. A. ein schätzbares Werk über die pestartige Krankheit schrieb, die in d. J. 1647 u. 1648 Sicilien verheerte. Obwohl er in Messina sehr geehrt ward, nahm er doch im Febr. 1656 die ihm angebotene Professur in Pisa an, und bald darauf erwählte man ihn auch zum Mitglied der Acc. del Cimento.

Er war eine Hauptzierde dieser Akademie, und ein grofser Theil der Arbeiten, namentlich der über den Luftdruck, stammt von ihm her. Bei Gelegenheit der Untersuchung der Akademie über die Geschwindigkeit des Lichts erdachte er eine Vorrichtung, in welcher durch einen Spiegel, der mit einem Uhrwerk verbunden war, einem Lichtstrahl eine konstante Richtung gegeben wurde. **Borelli** ist also Erfinder des für viele optische Untersuchungen so wichtigen Heliostats.

---

[1]) Tiraboschi, Storia VIII, 354 u. f.; Nelli, Saggio di Stor. lett. fior.; auch Antinori in den Saggi von 1841.

[2]) Nicht zu verwechseln mit Pierre **Borel**, Leibarzt von Ludwig XIII., Verf. des Werkes: *De vero Telescopii inventore 1655*; auch nicht mit **Willem Boreel**, holländ. Gesandten in Paris, auf dessen Anrathen **Borel** dieses Buch schrieb (s. § 79).

Nach Aufhebung der Akademie im J. 1667 nahm er seinen Abschied in Pisa und kehrte nach Messina zurück. Allein, da er sich 1674 in den dortigen Aufstand mit verwickelte, mufste er landesflüchtig werden. Er zog nun wieder nach Rom, wo er eine zeitlang Unterstützung von Seiten der damals hier anwesenden Königin Christine von Schweden bezog, später aber in grofse Dürftigkeit gerieth, und zuletzt in Elend starb.

Das war das Ende eines Mannes von hohem Talent, der wohl ein besseres Schicksal verdient hätte, und es auch bei fügsamerem, minder ungestümen und leidenschaftlichen Charakter würde gefunden haben. Eben diese Leidenschaftlichkeit verwickelte ihn zuletzt in einen Streit mit dem sanften **Viviani**, der, wenn er auch nicht die hauptsächlichste Ursache zur Auflösung der Akademie gewesen ist, doch gewifs viel zu deren Verfalle beigetragen hat.

Borelli's Thätigkeit war nicht allein auf die Acc. del Cim. beschränkt. Er hat aufserdem an 13 verschiedene Werke verfafst, mathematischen, astronomischen, physikalischen und physiologischen Inhalts, zum Theil von grofser Wichtigkeit und alle für die Zeit höchst ausgezeichnet. Die bedeutendsten darunter möchten wohl folgende sein: *Theoria mediceorum planetarum ex causis physicis deducta, Florentiae 1666*. Unter allen, die vor **Newton** daran gedacht haben, dafs die Bewegung der Himmelskörper durch eine gegenseitige Anziehung derselben erzeugt oder unterhalten werden könnte, hat wohl **Borelli** diese Idee in dem eben genannten Werke am klarsten ausgesprochen, ohne jedoch im Stande zu sein diese Idee bis zur Gravitationstheorie auszubilden.

Ferner: *De vi repercussionis et motionibus naturalibus a gravitate pendentibus*. Es erschien zu Reggio 1670. Fürst Leopold hatte gewünscht es den Saggi einverleibt zu sehen, allein **Borelli** war nicht davon abzubringen, es für sich und unter seinem Namen erscheinen zu lassen.

Ein noch jetzt berühmtes Werk: *De motu animalium* ist die Frucht vieljähriger Untersuchungen, die er erst am Abend seines Lebens zusammenstellte. Er bot es im Dec. 1679, als er sich schon in grofser Dürftigkeit in Rom befand, der Königin Christine von Schweden an, die sich auch dazu verstand die Kosten des Drucks zu übernehmen. Kaum war es aber angefangen, als **Borelli** am 31. Dec. verschied; es erschien erst nach seinem Tode im J. 1680 zu Rom und Bd. II zu Leyden 1685.

160. Die Gebrüder **Del Buono**, deren es drei gab, nämlich **Anton Maria**, **Candido** und **Paolo**, stammten aus einer alten und berühmten florentinischen Familie, und zeichneten sich sämmtlich aus durch Kenntnisse und Talent zur Mechanik und Physik. Dessen ungeachtet wurden nur die beiden letzteren zu Mitgliedern der Akademie gezählt, obwohl **Anton Maria** auch theilnahm an einigen Arbeiten derselben, und sein Erfindungstalent durch eine Vorrichtung bewährte, von der ich später noch reden werde (§ 166).

Wir haben hier also nur **Candido** und **Paolo** zu betrachten. **Candido**, der ältere von beiden, war geb. zu Florenz 1618 und starb als Landdechant zu Campoli im Val di Pesa 1676. Er war wie **Paolo** noch ein Schüler von **Galilei**, und hatte sich dem geistlichen Stande gewidmet. Seinen Beruf zum Akademiker bewährte er durch Erfindung verschiedener Instrumente: 1) eine Wasseruhr, die **Viviani** lobt; 2) eine Vorrichtung zum Auffangen der aus Flüssen aufsteigenden Gase; 3) Vorrichtung zum Messen des Drucks der Flüssigkeiten auf Quecksilber und Vergleich ihres spec. Gewichts; 4) Vorrichtung zum Messen der Zusammendrückung der Luft; 5) Vorrichtung zum Komprimiren des Wassers, welche **Tiraboschi** (VIII. 357) wohl mit Unrecht dem **Paolo** zuschreibt.

Nach **Magalotti's** Zeugnifs soll **Candido** auch dieselbe Methode zum Messen der Durchmesser des Saturns und seines Ringes aufgefunden haben, die der berühmte **Huyghens** einige Jahre darauf beschrieb.

Candido war also, wie man sieht, im wahren Sinne des Wortes ein Akademiker del Cimento. Nicht so läfst sich dies sagen von **Paolo**, der eigentlich nur dem Namen nach der Akademie angehörte. Als der Fürst Leopold ihn wegen seiner Kenntnisse und Talente zum Mitglied ernannte, befand er sich auf Reisen in Deutschland, wohin er sich schon 1655 begeben hatte. Seine Ernennung geschah wohl in der Hoffnung, dafs er nach Florenz zurückkehren würde, und wirklich bezeugte **Paolo** grofsen Enthusiasmus, als er erfuhr, welche neue Epoche für die physikalischen Wissenschaften in seinem Vaterlande eröffnet war.

Allein er hatte zu Wien, wo er sich damals aufhielt, schon zu feste und vortheilhafte Verbindungen angeknüpft, als dafs er sie auflösen konnte. Er wurde kaiserl. Mathematiker und Direktor der kaiserl. Münze in Wien. Mit seinem später noch zu erwähnenden Schüler **Montanari** (§ 181) machte er verschiedene Reisen in die Bergwerksdistrikte von Ungarn, Böhmen, Steiermark und anderen Provinzen der österreichischen Monarchie. Wann er gestorben, ist ungewifs. Nach Nelli, dem Biographen **Galilei's**, wäre er 1662 in Wien gestorben, nach **Boulliau** in Warschau. Er war 7 Jahr jünger als **Candido** und wäre demnach 1625 geboren.

Kann nun gleich **Paolo** in Wahrheit kein Mitglied der Akademie genannt werden, obwohl er für solches gilt, so war er doch ein thätiger Korrespondent derselben. Er stand mit dem Fürsten Leopold in lebhaftem Briefverkehr und berichtete alles, was er an physikalischen Merkwürdigkeiten und Neuigkeiten in Deutschland und der österreichischen Monarchie gesehen hatte. Bemerkenswerth darunter ist die Nachricht von einer Linse aus Eis, die man zu Wien verfertigt hatte und von einer anderen aus Diamant, die daselbst, wie es scheint auf Bestellung des Grofsherzogs Ferdinand II. geschliffen wurde. Zu Wien stellte auch **Paolo** gemeinschaftlich mit **Montanari** Versuche an über das künstliche Ausbrüten von Hühnereiern, wo-

mit sich vier Jahre früher auch der Großsherzog Ferdinand II. beschäftigt hatte (§ 168).

161. **Lorenzo Magalotti**, der Sohn des Grafen Orazio Magalotti und der Francesca Venturi, wurde 1637 in Rom geboren und starb 1712 in Florenz. Nachdem er im Jesuitenkollegium zu Rom seine Studien vollendet hatte, wo **Oliva** und **Fabri** seine Kameraden waren, bezog er 1656 die Universität Pisa, wo er unter der Leitung von **Viviani** solche Fortschritte in den mathematischen und physikalischen Wissenschaften machte, daſs dieser ihn im J. 1660 dem Fürsten Leopold zum Sekretär vorschlug, da das Sekretariat durch den Abgang von Alessandro Segni, dem Privatsekretär des Fürsten, erledigt war.

Magalotti eignete sich vorzüglich zu diesem Amt, denn er verband mit seiner Gelehrsamkeit eine Gewandtheit des Benehmens, eine Beredsamkeit und Leichtigkeit der Feder, wie sie nur selten angetroffen werden. Nicht allein, daſs er seine Muttersprache mit Eleganz schrieb, sprach er auch französisch, spanisch und englisch, ja er verstand sogar arabisch und türkisch. Daher konnte auch keinem besser als ihm die Abfassung der Saggi, d. i. der Denkschriften der Akademie anvertraut werden. Man rühmt diese Saggi wegen ihrer eleganten Darstellung.

Neben seinen persönlichen Eigenschaften verdankt er wohl seinem Stande, daſs er am Hofe des Groſsherzogs wohl gelitten war. Mit dem Fürsten Cosimo III., der 1670 seinem Vater Ferdinand II. in der Regierung folgte, machte er eine Reise nach Frankreich und England, wo er u. A. mit dem berühmten **Robert Boyle** enge Freundschaft schloſs, die seinerseits so weit ging, daſs er versuchte, wiewohl vergebens, diesen ausgezeichneten Naturforscher für die allein selig machende Kirche zu gewinnen.

Wie groſs der Antheil war, den Graf **Magalotti** an den experimentellen Arbeiten der Akademie nahm, ist nicht bekannt, man kennt von ihm nur: *Lettere scientifiche ed erudite*, ein Werk, das nach seinem Tode 1721 zu Florenz erschien. Fünf Jahr vor seinem Tode wurde er

zum auswärtigen Mitglied der Londoner Gesellschaft erwählt.

Alessandro Marsili, geb. 1601 zu Siena, gest. zwischen 1669 und 1671 zu Pisa. Er stammte aus einer patricischen Familie und war wohl der schwächste Akademiker, wenigstens sagt der Biograph **Nelli**, dafs er in der neueren Physik nicht sehr bewandert war und seine Versuche ihm selten glückten.

Antonio Oliva (Uliva) war dagegen wieder ein ausgezeichnetes Mitglied, wenigstens ein sehr fähiger Kopf. Was seinen Charakter und seine Moralität betrifft, so werden uns diese freilich von seinem Landsmann dem Literarhistoriker **Tiraboschi** nicht grade in einem günstigen Licht dargestellt, allein man darf nicht vergessen, dafs dieser als Geistlicher und Jesuit wohl einiges Interesse daran hatte, ihn schwärzer zu malen als er wirklich war, um so leichter über sein Ende hinweggehen zu können. Oliva nämlich begab sich nach Aufhebung der Akademie nach Rom, fiel dort in die Hände der Inquisition und machte, um den Qualen der Tortur zu entgehen, durch einen Sturz aus dem Fenster des Gefängnisses seinem Leben ein Ende, etwa 1668. Er war zu Reggio in Calabrien geboren.

Francesco Redi aus einem gräflichen Geschlecht, geb. zu Arezzo 1626, gest. zu Pisa 1694. Er widmete sich zu Pisa den philosophischen und medicinischen Studien, nach deren Beendigung er bald als Arzt einen solchen Ruf bekam, dafs der Grofsherzog Ferdinand II. und nach dessen Tode sein Sohn Cosimo III. ihn zum Leibmedikus wählten.

Als Mediciner, Naturhistoriker, Physiolog, ja als gründlicher Kenner der italienischen Sprache und Dichter, hat er grofsen Ruf erlangt, daher er auch Mitglied vieler italienischen Akademien u. A. der Acc. della Crusca war; als Physiker wissen wir weniger von ihm, obwohl es gewifs ist, dafs er an den Arbeiten unserer Akademie sehr thätigen Antheil nahm.

Carlo Renaldini (Rinaldini) geb. zu Ancona 1615, wurde, nachdem er unter den Päpsten Urban VIII. und Innocenz X. als Ingenieur funktionirt hatte, im J. 1649 zum Professor primarius an der Universität Pisa berufen. Nach seinem Eintritt in die Acc. del Cim. gab er auch dem Prinzen Cosimo, dem nachmaligen Großherzog, Unterricht in der Mathematik. Als 1667 die Akademie aufgelöst wurde, nahm er unter dem Vorwand, daſs das Klima von Pisa ihm nicht zuträglich sei, dort seinen Abschied, um einem Ruf nach Padua zu folgen. Hier war er als Prof. der Mathematik und Philosophie in ausgezeichneter Wirksamkeit bis zum J. 1698, wo er sich nach seiner Vaterstadt Ancona zurückzog, und dort am 18. Juli desselben Jahres starb. — Er war ein ausgezeichnetes Mitglied der Akademie, und hat auſser dem Antheil an den Saggi seine Thätigkeit durch eine beträchtliche Anzahl philosophischer und mathematischer Werke bezeugt.

162. **Vincenzo Viviani**, der neunte Akademiker, war geb. 1622 zu Florenz, aus einem alten patricischen Geschlecht, und starb 1703 in seiner Vaterstadt. Er zeigte schon frühzeitig eine groſse Anlage zur Mathematik. Kaum, daſs er die ersten Elemente dieser Wissenschaft inne hatte, als er es auch schon ohne Hülfe eines Lehrers soweit brachte, das 4te Buch des **Euklid** lesen und verstehen zu können.

Voll Begierde noch tiefer in die Geheimnisse der Geometrie einzudringen, suchte er Zutritt zu **Galilei** zu bekommen. Dieser, damals schon erblindet, nahm den wiſsbegierigen Jüngling liebevoll auf und faſste bald eine solche Zuneigung zu ihm, daſs er ihn wie seinen Sohn behandelte, und ihn mit dem ganzen Schatz seines reichen Wissens unterrichtete. Diese Theilnahme fiel bei **Viviani** auf einen fruchtbaren Boden, denn nicht allein, daſs er sehr bald durch eigene Leistungen sich des genossenen Unterrichts würdig erwies, füllte sich sein Herz mit einer so innigen wahrhaft kindlichen Verehrung für seinen greisen Lehrer,

dafs er zeitlebens seinen gröfsten Stolz darein setzte, sich den letzten Schüler Galilei's nennen zu dürfen.

Nach Galilei's Tode 1642 fand Viviani in Torricelli einen zweiten Lehrer und Freund, dem er in seinen experimentellen Arbeiten an die Hand ging, wie ich dies schon bei Gelegenheit der Erfindung des Barometers bemerkt habe.

In einem Alter von kaum 23 Jahren begann Viviani sich durch eigene Forschungen hervorzuthun. Es sind freilich Forschungen mathematischer Natur, die uns ferner liegen, aber die Umstände, welche sie begleiten, haben doch so viel Interesse, dass ich mir nicht versagen kann sie hier als ein Beispiel von dem Scharfsinn Viviani's kurz auseinander zu setzen.

Das berühmte Werk des Apollonius von Perga in Pamphylien (240 v. Chr.) über die Kegelschnitte, bekanntlich ein Meisterwerk der Geometrie der Alten, lernten diè abendländischen Christen erst gegen die Mitte des XV. Jahrhunderts durch arabische Manuskripte kennen. Regiomontanus (Joh. Müller), unser Landsmann, beabsichtigte eine lateinische Uebersetzung, ward aber durch seinen frühen Tod 1476 daran verhindert. Nunmehr besorgte der Venetianer Memmius eine schlechte Uebersetzung, die endlich im J. 1566 durch eine bessere von Commandino (§ 54) ersetzt wurde. Es waren aber nur 4 Bücher, die man übersetzt hatte, weil das arabische Manuskript deren nicht mehr enthielt; man wufste jedoch, dafs Apollonius acht Bücher geschrieben hat. Dies erregte unter den Mathematikern des XVI. Jahrhunderts die Begierde, durch eigene Forschungen die fehlenden Bücher zu ersetzen.

Einen ersten Versuch der Art machte Maurolykus in Messina, dessen ich früher in der Geschichte der Optik ehrenvoll gedacht habe, und nun war es Viviani, der sich die Lösung dieser Aufgabe vorgenommen hatte. Während er sich im Stillen damit beschäftigte, brachte der Jesuit Golius eine grofse Masse arabischer Manuskripte aus dem Orient nach Florenz, und darunter auch, wie er selbst im

J. 1644 an Pater **Mersenne** berichtete, die sieben ersten Bücher des **Apollonius**. **Golius** scheint die Absicht gehabt zu haben die Manuskripte zu übersetzen, allein es kam nicht dazu, und der grofse literarische Schatz blieb vergraben in der öffentlichen Bibliothek zu Florenz liegen.

Man fuhr fort die vier letzten Bücher des **Apollonius** als verloren zu betrachten, bis im J. 1656 **Borelli** so glücklich war in der Bibliothek zu Florenz das **Golius**'sche Manuskript zu entdecken. Er überzeugte sich bald, dafs es mehr enthielt als die bisherigen Uebersetzungen, und da er sehr für die Geometrie der Alten eingenommen war, erbat er sich vom Grofsherzog die Gunst dasselbe zu übersetzen oder übersetzen lassen zu dürfen. Diese Bitte wurde ihm gewährt, und so nahm er 1658 das Manuskript mit nach Rom, um es dort, da er selbst des Arabischen unkundig war, von einem maronitischen Geistlichen **Abraham Ecchellensis** (Abramo Eckellense) ins Lateinische übertragen zu lassen.

Viviani hörte von dieser Begebenheit, liefs sich aber dadurch nicht abschrecken, sondern fuhr fort an seinem Werke zu arbeiten, und brachte es durch angestrengten Fleifs dahin, dafs es 1659 im Druck erschien. Erst zwei Jahre darauf, also 1661 wurde die lateinische Uebersetzung des arabischen Manuskripts vollendet und gedruckt. Man hatte nun Gelegenheit das Originalwerk mit **Viviani**'s Divination zu vergleichen, und siehe da, der Vergleich fiel höchst ehrenvoll für **Viviani** aus! Hatte er gleich einige der schwierigsten Aufgaben, die **Apollonius** behandelt, nicht in Betracht gezogen, so stimmte er doch in anderen vollkommen mit ihm überein, und in noch anderen hatte er den Gegenstand sogar allgemeiner aufgefafst, als der griechische Geometer.

Man könnte wünschen, dafs **Viviani** durch diesen glücklichen Erfolg, der ihm so grofsen Ruhm unter seinen Zeitgenossen verschaffte, sich zu einer ähnlichen Arbeit für das achte Buch des **Apollonius** ermuthigt gefunden hätte, denn dieses findet sich in dem von **Golius** über-

brachten Manuskript nicht. Dasselbe enthält, wie oben erzählt, nur die sieben ersten Bücher, das achte ist noch heutigen Tages für uns verloren.

Indefs unternahm Viviani eine ähnliche Arbeit in Betreff eines Werkes, das Aristaeus, ein Zeitgenosse Euklid's, etwa 300 v. Chr. unter dem Titel: *De locis solidis* geschrieben hat und von Pappus genannt wird, aber nicht auf uns gekommen ist. Es war dies sogar der erste Versuch Viviani's auf dem Gebiete der divinatorischen Geometrie, den er schon in seinem 23. Jahre begann, aber durch andere Studien und Geschäfte davon abgehalten, erst im späten Greisesalter wieder aufnahm, und das Werk im J. 1701 wirklich vollendete. Auch diese Arbeit legte ein glänzendes Zeugnifs von Viviani's Kenntnifs und eleganter Behandlung der Geometrie ab, allein da bisher das Originalwerk von Aristaeus unbekannt geblieben ist, so kann man nicht beurtheilen, in wie weit er die Ideen des alten Geometers errathen hat.

Seine Vorliebe für die Geometrie der Alten und seine grofse Gewandtheit in derselben hat Viviani noch in einem dritten Fall bekundet, der sehr dazu beigetragen hat, seinen Ruf unter den gleichzeitigen Mathematikern des Auslandes zu erhöhen.

Unter der pseudonymen Unterschrift:

a Pio Lisci pusillo geometra,

der Versetzung von

a postremo Galilei discipulo,

gab er folgende Aufgabe:

Es habe im alten Griechenland einen der Geometrie geheiligten Tempel gegeben, der sei mit einem halbkugelförmigen Dom überwölbt gewesen, und in diesem Dome haben sich vier Fenster mit solcher Kunst ausgeschnitten befunden, dafs der Rest der Oberfläche genau quadrirbar gewesen sei.

Viviani wandte sich mit dieser Aufgabe hauptsächlich an die neueren Analysten, obwohl er, wie er sagte, keineswegs zweifle, dafs sie durch ihre geheime Kunst, womit er den damals eben erfundenen Infinitesimalkalkul meinte,

die Lösung bald finden würden. Darin hatte er sich denn auch nicht geirrt, denn sehr bald wurde die Lösung der Aufgabe gefunden von **Leibnitz**, **Jakob Bernoulli** in Deutschland, vom Marquis **de l'Hôpital** in Frankreich, und von **Wallis** sowie **David Gregory** in England. Diese Lösungen waren insgesammt vollständig und zum Theil sehr allgemein, aber alle wichen an Eleganz vor der, welche **Viviani** im J. 1692 in einer kleinen Schrift zu Florenz veröffentlichte.

Es würde mich zu weit führen, wenn ich alle Arbeiten und Begegnisse **Viviani**'s in Extenso mittheilen wollte; ich will daher nur erwähnen, daſs er im J. 1662 vom Groſsherzog Ferdinand II. den Auftrag bekam das Val di Chiana an der Gränze des Kirchenstaates zu untersuchen, und Vorschläge zur Entwässerung desselben zu machen. **Viviani** begegnete in diesem Unternehmen dem berühmten Astronomen **Domenico Cassini**, der von Seiten des Papstes zu gleichem Zwecke abgesandt war. **Viviani**'s Bericht ist noch vorhanden, er scheint aber entweder nicht zulänglich oder nicht ausführbar gefunden zu sein, denn bis in die neueste Zeit ist die Aufgabe, den Versumpfungen jenes Thales und den Ueberschwemmungen des Chiana-Flusses ein Ziel zu setzen, wiederholt Gegenstand der Untersuchung gewesen.

Im J. 1666 wurde **Viviani** erster Mathematiker des Groſsherzogs und dadurch Nachfolger **Galilei**'s und **Torricelli**'s, in welcher Stellung er bis an sein Ende verblieb, ebenso geliebt von denen, die ihm näher standen, als geachtet und geehrt vom Ausland. Ein Zeugniſs hiervon giebt seine Erwählung zum auswärtigen Mitglied sowohl der Royal Society in London, als der Pariser Akademie der Wissenschaften, welcher letzteren Ludwig XIV. noch eine Pension hinzufügte.

Viviani benutzte diese Pension auf eine Weise, die seinem Herzen groſse Ehre macht. Er lieſs damit in Florenz ein Haus erbauen, welches bis auf die Inschrift, die seinen Dank gegen den königlichen Geber ausdrückte, ein

ausschliefsliches Monument für **Galilei** war. Er liefs darin eine Bronce-Büste des von ihm so hoch verehrten Lehrers aufstellen und die Zimmer mit vortrefflichen Basreliefs verzieren, welche die hauptsächlichsten Erfindungen und Entdeckungen desselben veranschaulichten.

In Aufforderung des Fürsten Leopold schrieb **Viviani** eine biographische Notiz über **Galilei**, welche zwar schätzbare Nachrichten über den grofsen Mann enthält, aber auch deutlich zeigte, wie wenig er es wagen durfte seine wahre Ueberzeugung auszusprechen. Nicht allein, dafs in dieser Biographie die meisten auf das Urtheil der Inquisition bezüglichen Thatsachen verschwiegen sind, war er genöthigt zu erklären, dafs, wenn **Galilei** einige Neigung gezeigt die Bewegung der Erde zu vertheidigen, dies daher gekommen sei, weil, nachdem er durch seine bewundernswürdigen Entdeckungen bis zum Himmel emporgestiegen, die ewige Vorsehung zugelassen habe, dafs er durch seine Irrthümer sich wieder der menschlichen Natur anschliefse.

Viviani verschied am 22. Sept. 1703 im 81. Jahre seines Lebens. Man begrub ihn in der Kirche Santa Croce neben seinem geliebten Lehrer. Dort lagen seine Gebeine bis zum J. 1735, wo man ein prachtvolles Marmormausoleum errichtete, und darin seine Ueberreste vereinigte mit denen des grofsen Mannes, für den er bis zum letzten Athemzug eine so rührende Anhänglichkeit bewahrt hatte.

163. Dies wären nun die neun ordentlichen Mitglieder der Accademia del Cimento. In einigen Werken ist noch von einem zehnten die Rede, nämlich von **Francesco Aggiunti,** den **Lalande** nach **Nelli** als Entdecker der Kapillarität nennt. Dieser soll Leibarzt des Grofsherzogs Ferdinand II., und nicht nur Mitglied, sondern sogar Stifter der Akademie gewesen, trotzdem aber schon 1653 gestorben sein.

Bei diesen Angaben waltet indefs ein dreifacher Irrthum ob. Fürs Erste führte dieser **Aggiunti**, dem nicht mit Sicherheit die Entdeckung der Kapillarität zugeschrie-

ben werden kann, nicht den Vornamen **Francesco**, sondern **Nicolò**. Dann war er nicht Leibarzt des Grofsherzogs Ferdinand II., sondern Professor der Mathematik an der Universität zu Pisa, obwohl er einige Zeit als Literat am Hofe lebte, und zweien der Prinzen von Medici Unterricht ertheilte. Endlich starb er nicht 1653, sondern 1635 im 35. Jahre seines Lebens, denn er war im J. 1600 zu Borgo di San Sepolcro in Toskana geboren [1]). Selbst wenn er 1653 gestorben wäre, hätte er nicht Mitglied der Akademie sein können, da diese erst 1657 gegründet wurde; um so weniger kann man ihm also diese Mitgliedschaft zuschreiben, da er notorisch schon 1635, sieben Jahre vor **Galilei**'s Tod, gestorben ist, wo an die Akademie noch gar nicht gedacht wurde.

Uebrigens soll dieser **Aggiunti** nach dem Zeugnifs des Senators **Nelli**, eines der Biographen **Galilei**'s, ein sehr talentvoller Mann gewesen sein, und in einem nicht edirten Manuskript: *Un libro di speculazione e di sperienze fisiche* verschiedene werthvolle Versuche über das Eis, das Pendel und andere Gegenstände beschrieben haben. **Galilei** hielt grofse Stücke auf ihn.

Er stellte Beobachtungen an über das Gefrieren des Wassers für sich und mit Salzen gemischt, konstruirte ferner einen Apparat um auszumitteln, ob Wasser beim Gefrieren sich zusammenziehe oder ausdehne, wobei er letzteres fand, wie schon **Galilei** aus dem Schwimmen des Eises auf Wasser geschlossen hatte. Das Pendel suchte er zur Bestimmung des Widerstandes der Luft und des Wassers zu benutzen. Auf seinen Antheil an der Entdeckung der Kapillarität werde ich später zurückkommen.

Statt des **Aggiunti**, der sicher kein Mitglied der Akademie war, wird von **Targione Tozetti**, **Antinori** und Anderen noch **Carlo Dati** als solcher genannt. Dieser war ein florentiner Patricier, der 1675 im 50. Lebensjahre starb, ein Mann von ausgezeichnetem Verstande, grofser

---

[1]) Tiraboschi, Storia etc. VIII, 369.

Gelehrsamkeit und ehrenhaftem Charakter, was u. A. daraus hervorgeht, daſs er sehr vortheilhafte Anerbietungen der Königin Christine und Ludwigs XIV. ausschlug, um sich seinem Vaterlande zu erhalten. Er bekleidete in Florenz die Professur der griechischen Sprache, und war also eigentlich Philolog.

Er nahm indeſs auch lebhaften Antheil an den Naturwissenschaften. Durch seine Bemühungen wurde das älteste mineralogische Werk der Italiener vom Untergang gerettet, das Manuskript der *Metallotheca* von **Michele Mercati**, das später 1717 gedruckt wurde. [1]) Aus den Protokollen der Akademie scheint hervorzugehen, daſs er theilnahm an den Sitzungen und Arbeiten, ob er aber ein eigentliches Mitglied war ist doch zweifelhaft, auch kennt man keine physikalische Arbeit, die von ihm allein herrührt.

164. Auſser den neun ordentlichen Mitgliedern, Accademici operatori, hatte die Akademie auch Korrespondenten, theils Italiener, theils Ausländer. Zu den Italienern gehören **Ricci**, **Cassini**, **Montanari**, **Rossetti**, **Falconieri**; zu den Ausländern **Stenone**, **Thévenot**, **Fabri**.

Michel Angiolo Ricci, der schon früher erwähnte Freund **Torricelli's**, ward geb. 1619 in Rom und starb daselbst 1682 als Kardinal. Er war sehr bewandert in der damaligen Physik, und schrieb selbst im J. 1666 ein mathematisches Werk: *Exercitatio geometrica*. Wegen seiner Gelehrsamkeit und gründlichen Kenntniſs der italienischen Sprache erschien fast kein Werk von Bedeutung, das man ihm nicht vorher zur Begutachtung vorlegte. **Dati**, **Viviani** und **Magalotti** machten ihn zum Richter ihrer Werke, und selbst die Saggi der Akademie wurden ihm auf des Fürsten Leopold Wunsch vor dem Druck zur Einsicht übergeben. Er gab 1668 das erste italienische Journal heraus, welches den Titel: *Giornale dei letterati* führte, und bis 1675 dauerte.

---

[1]) Tiraboschi, Storia VII, 900; Marx, Gesch. d. Mineralogie 85.

Auf **Domenico Cassini** und **Montanari** werde ich später noch zurückkommen (§ 181, 244). Von **Falconieri** ist nichts Erhebliches zu berichten.

Rossetti war römischer Prälat und Freund und Schüler von **Borelli**. Er bestritt mit Recht den Satz, daſs die Flüsse keinen Druck gegen das Ufer ausüben, welchen **Fabiano Michelini** (geb. 1592, gest. 1666), Prof. der Mathematik zu Pisa, in dem von ihm verfaſsten Werk: *Della direzione dei fiumi, Firenze 1664*, aufgestellt hatte. **Michelini** und später **Torricelli** waren die Lehrer des Fürsten Leopold in der Mathematik.

Nicolò Stenone, den die Italiener auch wohl **Steno** nennen und halbwegs zu den ihrigen zählen, daher sein Leben auch von dem berühmten Biographen **Fabroni** in seinem *Vitae Italorum etc.* beschrieben wird, war ein Däne von Geburt, und hieſs aller Wahrscheinlichkeit nach **Steen**, d. h. Stein. Der Name **Stenone** ist vermuthlich daraus entstanden, daſs er sich selbst in seinen lateinisch geschriebenen Werken zuweilen Stenonis filius nennt.

Dieser **Stenone** oder **Steen** war schon ein ausgezeichneter Anatom und Physiolog, als er von Paris kommend in Florenz im J. 1666 anlangte, versehen mit einem Empfehlungsschreiben von **Thévenot**, dem zweiten oben genannten Korrespondenten, der mit **Borelli** in Briefwechsel stand.

Seine Talente und Kenntnisse verschafften ihm bald die allgemeinste Achtung der florentiner Gelehrten, und nicht lange dauerte es, daſs er vollständig unter sie einbürgerte, indem er, von Hause aus ein Lutheraner, seinem Glauben entsagte und zur katholischen Kirche überging. Vermuthlich war es auch in Folge dieses Glaubenswechsels, daſs der Groſsherzog Ferdinand II. ihn in seine Dienste nahm und gestattete, daſs er im Spital S. Maria nuova seine anatomischen Untersuchungen fortsetzen konnte. Er war, wie alle Konvertiten, ein eifriger Katholik, und schrieb viele Bücher über Glaubenssachen. Dafür wurde er vom Papst zum Titularbischof von Titiopolis in Griechenland

gemacht, später auch zum apostolischen Vikar des Nordens, in welcher Eigenschaft er eine Reise nach Schweden machte.

Während seines langen Aufenthaltes in Italien war Stenone sehr thätig für die Wissenschaft, doch ging auch in dieser Thätigkeit eine Umwandlung mit ihm vor, indem er sich später von der Anatomie und Physiologie abwandte, und auf die Mineralogie und Geologie warf, eine Wissenschaft, die das Schicksal gehabt hat, späterhin und zum Theil noch jetzt, ebenso vom päpstlichen Stuhl verfolgt zu werden, wie zu Galilei's Zeit die Astronomie.

Wir haben von Steno über die Geologie ein Werk, das für die Zeit ein höchst ausgezeichnetes genannt werden mufs, welches sogar erlaubt seinen Verfasser als den Gründer dieser Wissenschaft anzusehn. Es führt den Titel: *Nic. Stenonis Dissertationis prodromus de solido intra solidum naturaliter contento, Florentiae 1669.* Das Werk ist lange vergessen worden, bis es im J. 1831 durch den berühmten französischen Geologen E. de Beaumont wieder ans Licht gezogen ward. Derselbe hat davon in den Ann. des Sciences nat. XXV, 337 einen ausführlichen Auszug gegeben, woraus hervorgeht, dafs Steno die Erscheinungen, aus welchen die neueren Geologen auf frühere sehr mächtige Umwälzungen auf unserer Erdrinde schlossen, sehr genau beobachtet und zu deren Erklärung ähnliche Ansichten aufgestellt hat, wie wir sie heut zu Tage für nothwendig halten.

Er bemerkt, dafs die Erdrinde, so weit sie untersucht ist, aus parallel übereinander abgelagerten Schichten besteht, dafs diese Schichten, zumal wenn sie Ueberreste von organischen Gebilden enthalten, nur aus Flüssigkeiten abgesetzt sein können, und dafs sie demgemäfs ursprünglich alle horizontal gelegen haben müssen. Nun zeigt er, dafs diese Schichten aber bei Weitem nicht alle mehr horizontal liegen, dafs sie meistens in schiefer ja zuweilen in aufrechter Stellung vorkommen, dafs man sie häufig

durcheinander geschoben und verworfen findet. Daraus schliefst er, dafs eine spätere Ursache auf die Schichten eingewirkt haben müsse, und diese Ursache findet er in dem in Italien so offenkundig sich äufsernden Vulkanismus.

Gleich den neueren Geologen nimmt **Steno** Perioden der Ruhe an, wo das Land bis zu den höchsten Bergspitzen mit Meer überdeckt war, und sich neue Schichten aus den Gewässern absetzten, und Perioden konvulsivischer Thätigkeit, wo die gebildeten Schichten mannichfach verschoben wurden, Einstürze und Gebirgserhebungen erfolgten. Solcher Perioden glaubte er für Etrurien oder Toskana allein sechs unterscheiden zu müssen.

Es ist merkwürdig zu sehen, wie **Steno** bei diesen Deduktionen, die sein Verstand als richtig erkennen liefs, mit seinem Gewissen in Konflikt gerieth. Er glaubte es beschwichtigen zu können, indem er zu beweisen vermeint, dafs seine Ansichten keineswegs in Widerspruch stehen mit der mosaischen Schöpfungsgeschichte. Indefs hat ihn doch die Nothwendigkeit, darauf bedacht zu sein, nichts der Bibel widersprechendes vorzutragen, sehr sichtlich in der Entwickelung seiner Vorstellungen eingeschüchtert, und gewifs wäre er zu noch allgemeineren Resultaten gelangt, wenn er unbekümmert um Nebenrücksichten den Weg der Naturforschung weiter verfolgt hätte.

Allein schon in der Beschränkung, die er sich entweder aus eigner Ueberzeugung oder durch die Macht der Zeitverhältnisse gezwungen auferlegte, ist es gewifs, dafs bis auf den berühmten **Werner** kein Geolog seine Wissenschaft aus einem so fruchtbaren Standpunkt ergriffen, keiner so viele später wieder bestätigte Ansichten in dieselbe zuerst eingeführt hat, als eben unser **Steno** oder **Stenone**. Darum glaubte ich bei ihm hier etwas länger verweilen zu müssen und will nur noch hinzufügen, dafs, wiewohl das Geologische in **Steno**'s Werk den wichtigeren Theil ausmacht, dasselbe auch noch mineralogische oder krystallographische Betrachtungen enthält, die für die Zeit recht merkwürdig sind.

Er spricht ausführlich von den Doppelpyramiden des Bergkrystalls, den Würfeln des Schwefelkieses, den Oktaedern des Diamants, den sechsseitigen Tafeln des Eisenglanzes u. s. w., und bemerkt dabei ausdrücklich, daſs wenn auch an verschiedenen Krystallindividuen einer Species die Flächen mehr oder weniger groſs, die Ecken vielleicht verschoben erscheinen, dennoch die Winkel, welche die Flächen miteinander bilden, einen konstanten Werth behaupten [1]).

Nach diesen richtigen und einfluſsreichen Beobachtungen muſs man sehr bedauern, daſs eine andere Schrift, in der er diesen Gegenstand weiter zu behandeln verspricht, niemals erschienen ist. — So weit von **Steno**, der als Korrespondent gewiſs der Acc. del Cimento Ehre machte. Weniger ausgezeichnet waren **Thévenot** und **Fabri**.

165. **Melchisedec Thévenot**, geb. 1620 zu Paris, gest. 1692 zu Issy bei Paris, wurde bereits bei der Frage über die Entdeckung der magnetischen Deklination von mir genannt (§ 118). Er hat sich durch keine physikalische Arbeit von Belang ausgezeichnet. Sein Wohnort war Paris, von wo aus er Reisen durch ganz Europa machte. Er sammelte leidenschaftlich Manuskripte, stand mit vielen Gelehrten so auch mit **Borelli** in Briefverkehr, wurde später Custos der königl. Bibliothek, und 1685 auch Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Paris.

Honoré Fabri, bei den Italienern **Onorato Fabbri**, geb. 1606 zu Le Bugey, Diöcese Belley und gest. 1688 zu Rom, ein Jesuit, der seine Studien zu Lyon machte. Er war ein thätiger unermüdlicher Mann, begierig Alles zu wissen oder wenigstens für allwissend gehalten zu sein; war Theolog, Physiker, Astronom und Archäolog, von Allem etwas. In Rom, wohin er aus Lyon kam, verwaltete er das Amt des Groſs-Pönitenziars beim heil. Officio, d. h. der Inquisition. Er wurde dort mit **Ricci** bekannt, der ihn dem Fürsten Leopold empfahl, und dieser, der wohl glauben mochte, daſs ihm **Fabri** in seiner amtlichen

[1]) **Marx**, Gesch. der Mineralogie, 56.

Stellung nützlich sein könnte, ernannte ihn zum Korrespondenten der Akademie.

Wirklich that **Fabri** auch so, als wolle er die neueren Lehren der Astronomie und Physik in Schutz nehmen, denn er erklärte in Bezug auf das kopernikanische System: So lange man noch keinen unwiderleglichen Beweis von der Bewegung der Erde habe, gebühre der Kirche die Entscheidung, sowie aber ein solcher Beweis gefunden sei, habe es keine Schwierigkeit zu erklären, daſs man die gegen die Bewegung der Erde sprechenden Bibelstellen im figürlichen Sinne zu nehmen habe.

Fabri glaubte mit dieser jesuitischen Auslegung es beiden Theilen recht gemacht zu haben, aber das bekam ihm schlecht. Das heil. Officium verstand keinen Scherz, er muſste, obwohl ein Mitglied desselben, auf 50 Tage in den Kerker wandern, und wahrscheinlich würde er noch länger haben schmachten müssen, wenn ihn nicht die Fürbitte des Fürsten Leopold daraus befreit hätte.

Nach **Montucla**'s Angabe hätte **Fabri** jenen für ihn so verhängniſsvollen Ausspruch in einer unter dem Namen Eustachio de Divini erschienenen, aber so gut wie von ihm selbst verfaſsten Schrift gethan, einer Schrift, die sich zugleich gegen die von dem berühmten **Huyghens** am Saturn gemachten Entdeckungen ausspricht und den Titel führt: *Brevis annotatio in systema saturnium Chr. Hugenii, Romae 1660.*

Montucla's Angabe ist allerdings richtig, aber ich muſs bemerken, daſs der **Eustachio de Divini** keineswegs etwa eine fingirte Person war. Er lebte zu Rom und war ein durch Verfertigung von Fernröhren sehr berühmter Künstler. Er machte damit auch Beobachtungen am Himmel, und diese gaben ihm eben Veranlassung darüber eine Schrift aufzusetzen. Da er der Feder nicht sehr mächtig war, so gab er die Schrift dem Pater **Fabri** zur Durchsicht und dieser, der es für nöthig hielt, daſs sie lateinisch erschien, welche Sprache **Divini** nicht verstand, übersetzte, berichtigte und erweiterte sie, wodurch denn manches hin-

eingekommen sein mag, woran **Divini** selbst gar nicht gedacht hatte[1]). Die Einwände gegen **Huyghens** waren auch ganz ungenügend, so daſs dieser sich in einer *Brevis assertio systematis sui, Hagae 1660* vollkommen rechtfertigen konnte.

Fabri hat mehrere physikalische Schriften herausgegeben, unter denen die *Synopsis optica, Lugd. 1667* wohl eine der bedeutendsten ist. In dieser Schrift, die identisch zu sein scheint mit dem im selben Jahre zu Lyon erschienenen *Essai optique 1667*, giebt er eine ganz annehmliche Erklärung von der Himmelsbläue, welche er ableitet von der Reflexion des Lichts an Körpertheilchen, die in der Atmosphäre schweben. Die Erklärung ist wenigstens besser als die zuerst von **Leonardo da Vinci** vorgetragene und später von so vielen Physikern bis auf **Göthe** wiederholte, gemäſs welcher das Himmelsblau entstehen soll aus dem von der Atmosphäre reflektirten weiſsen Sonnenlicht, durch seine Vermischung mit dem Schwarz der dahinter liegenden Himmelsräume.

In derselben Synopsis beschreibt **Fabri** auch einen ganz artigen Gesichtsbetrug. Man steche, sagt er, in ein Kartenblatt ein kleines Loch, halte es dicht vor das Auge, bringe wiederum dicht vor dasselbe eine aufrecht gehaltene Stecknadel, und sehe nach einem entfernten Gegenstand, dann wird man ein vergröſsertes umgekehrtes Bild von der Nadel erblicken. Wie **Fabri** richtig bemerkt, fällt auf die Netzhaut ein aufrechter Schatten von der Nadel, der wegen der umgekehrten Lage des Bildes im Auge rücksichtlich der umliegenden Gegenstände als ein umgekehrter empfunden wird[2]).

Fabri hat auch einige Beobachtungen über die Kapillarität angestellt, deren ich künftig noch gedenken werde. Er hat dieselben in seiner *Physica in decem tractatus distributa, Lugd. 1669* beschrieben, einem voluminösen Werk,

[1]) Tiraboschi, Storia etc. VIII, 263.
[2]) Fischer, Gesch. d. Phys. III, 153.

das viel Schwaches und Irrthümliches enthält, wie z. B. die Erklärung der Kohäsion durch hakenförmige Körpertheilchen, welche wie die Zähne von Rädern in einander greifen sollen. Ebbe und Fluth werden nicht durch direkte Anziehung des Mondes auf das Meer erklärt, sondern durch Einwirkung des ersteren auf den Luftdruck, der wiederum auf das Meer wirke.

Aus Allen diesem wird zur Genüge erhellen, daſs **Fabri** grade kein groſser Physiker war, und er seine Wahl zum Korrespondenten der Acc. del Cimento mehr den Umständen, namentlich seiner Stellung, als seinen Verdiensten verdankt.

Auſser **Stenone**, **Thévenot** und **Fabri** wird auch von Einigen noch der Franzose **Auzout**, eines der ersten Mitglieder der pariser Akademie, als Korrespondent der Acc. del Cim. genannt. Indeſs waltet dabei ein Irrthum ob. Dieser **Auzout**, von dem ich künftig noch näheres berichten werde, wurde allerdings vom Groſsherzog Ferdinand II. mit der Anstellung einiger physikalischen Versuche beauftragt, er kam aber erst 1668, ein Jahr nach Aufhebung der Akademie, nach Florenz.

166. Da ich im Vorstehenden auf **Divini** (geb. zu S. Severino in der Mark Ancona) gekommen bin, so kann ich nicht umhin zu erwähnen, daſs er sich um die Verbesserung der zusammengesetzten Mikroskope einige Verdienste erworben hat. Bis dahin setzte man sie bloſs aus zwei Linsen zusammen, einem Objektiv und einem Okular; **Divini** nahm zuerst, sowohl für das erste wie für das letztere, eine Doppellinse, im Ganzen also vier Linsen. Das Okular bestand aus zwei plankonvexen Linsen dergestalt angebracht, daſs ihre Konvexitäten sich berührten. Es waren aber diese Mikroskope gegen unsere heutigen monströse Instrumente, so dick wie das Bein eines Mannes, mit Okulargläsern so groſs wie eine Handfläche [1]). Wahrscheinlich waren es Divini'sche Okulare, welche der Pater

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 98.

Fabri in seiner Synopsis optica rühmend erwähnt und beschreibt.

Fürst Leopold erhielt von **Divini** im J. 1660 ein Objektiv von 18½ Braccien (1 Braccio = 263,4 par. Linien), d. i. etwa 34 Fuſs Fokallänge. Dies gab Veranlassung, daſs man in der Acc. del Cim. sogleich die Ansichten **Fabri's** über die Erscheinungen am Saturnringe prüfte. Man montirte das Objektiv, wobei die Schwierigkeiten, welche das Erfordernifs einer leichten Beweglichkeit des Fernrohrs herbeiführte, erst durch eine von **Anton Maria del Buono** erdachte Vorrichtung, Arcicanna genannt, überwunden wurden, welche vorzüglich die Beobachtungen im Zenith bezweckte (§ 160).

Die Akademie kam nun durch ihre Beobachtungen zu dem Schluſs, daſs **Huyghens'** Ansichten von den Erscheinungen am Saturn vollkommen richtig seien, was später auch **Fabri** einzuräumen genöthigt war.

Man verglich das auf die beschriebene Weise hergestellte Fernrohr mit einem von **Torricelli** angefertigten von 18 Braccien Brennweite, wobei sich ergab, daſs letzteres noch ein wenig den Vorzug hatte vor dem Divini'schen. Bei Erwähnung **Torricelli's** muſs ich bemerken, daſs er um die Anfertigung der Fernröhre in Italien ein wesentliches Verdienst hat. Bis dahin war es **Galilei** allein, der zu astronomischen Beobachtungen taugliche Fernröhre zu machen verstand, und daher wurde er von Deutschland aus häufig mit Bitten um dieselben bestürmt. Sie waren selbst besser als die holländischen, deren Leistungen anfänglich, wie früher erwähnt (§ 90), noch sehr schwach waren. Da legte sich nun **Torricelli** auf die Anfertigung optischer Werkzeuge und brachte es, freilich nicht ohne groſse Anstrengung dahin, Fernröhre darzustellen, die ebensoviel und mehr leisteten als die von **Galilei**, was dazu beitrug, daſs er die Medaille *Virtutis praemia* bekam. Das genannte Fernrohr von 18 Bracc. Brennweite wird noch gegenwärtig im physikalischen Museum zu Florenz aufbewahrt.

Divini hatte in Rom einen Nebenbuhler **Giuseppe Campani**, aus Rom gebürtig, der ihn wenigstens in Anfertigung von Fernröhren noch übertraf, und einen solchen Ruf erlangte, daſs nach seinem Tode der Papst Benedict XIV. alle seine Werkzeuge ankaufte, und dem Institut von Bologna schenkte. Auch verfertigte er im Auftrag Ludwigs XIV. die Fernröhre, mit denen der berühmte Astronom **Domenico Cassini** die beiden nächsten Saturnmonde entdeckte. Es waren Instrumente von kolossaler Länge, von 86, 100, 136 par. Fuſs (210 Palmi romani) Brennweite; **Divini** hatte es nur bis etwa 45 Fuſs (72 Palmi rom.) gebracht.

Zwischen beiden Künstlern bestand eine groſse Eifersucht. **Ricci** sagt in einem Brief an den Fürsten Leopold von 1664, man brauche nur in Gegenwart des einen von dem andern zu sprechen, und dieser fühle sich sogleich aufs gröblichste beleidigt — tout comme chez nous. — **Campani** lieſs Niemand in seine Werkstatt treten, und machte aus seinem Verfahren ein groſses Geheimniſs. Er stellte auch mit seinen Fernröhren Beobachtungen am Himmel an, und veröffentlichte sie in zwei kleinen Schriften: 1) *Ragguaglio di nuove osservazioni, Roma 1664*; 2) *Ombre delle stelle medicee nel volto di giove, Bologna 1666.*

Die Leistungen beider Künstler waren für die Zeit gewiſs vorzüglich zu nennen, aber man sieht schon aus der übergroſsen Länge ihrer Fernröhre und aus dem Umstand, daſs ihnen häufig die Gläser miſsglückten, wie weit damals die Technik im Gebiet der Optik gegen heute zurück war. Auch sollen nach **Hooke's** Zeugniſs schon damals in England Fernröhre angefertigt worden sein, die bei viel kleinerer Fokallänge dasselbe leisteten wie die italienischen Instrumente. — Von **Matteo Campani**, dem Bruder des oben besprochenen **Giuseppe** bekam Fürst Leopold im J. 1665 ein Fernrohr, das zu den besten seiner Zeit gehörte. Es wird noch im Museum zu Florenz aufbewahrt; es hält $4\frac{1}{2}$ Zoll Apertur, und diente namentlich zu Beobachtungen über den Jupiter.

Die Darstellung eines schlierenfreien homogenen Glases legte der Anfertigung der Fernröhre immer noch grofse Schwierigkeiten in den Weg, wie dies der geschickte Mechaniker **Tito Livio Burattini** noch im J. 1672 in einem Brief an **Boulliau** bezeugt. **Burattini** kam daher schon auf den Gedanken, hohle Glaslinsen (vetri concavo-convessi) zu verfertigen und sie mit Flüssigkeiten zu füllen, mit welchen aber ist nicht angegeben.

Leistungen der Acc. del Cimento.

167. So wären wir denn mit den Persönlichkeiten der Acc. del Cimento hinreichend bekannt, und es bliebe mir nun noch die Aufgabe einen Abrifs von den Leistungen dieser thätigen Körperschaft zu geben.

Gemäfs ihrem Wahlspruch: *Provando e Riprovando* hat die Akademie die wichtigsten Fragen der damaligen Physik auf dem Wege experimenteller Forschungen zu erledigen gesucht in einer Weise, die ebenso ehrenvoll für sie als lehrreich für die Gegenwart ist. Der Charakter ihrer Untersuchungen war rein experimentell, ohne Theorie und mathematische Verknüpfung; an einer Stelle heifst es: Es sei nicht Styl der Akademie über die Ursache der Erscheinungen zu diskuriren.

Die meisten oder im Grunde alle Fragen, die wir von ihr behandelt finden, sind gegenwärtig beantwortet und so genügend, dass wir es kaum noch der Mühe werth halten sie aufzuwerfen, oder, wenn es geschieht, können wir die Antwort darauf in einer viel leichteren und entscheidenderen Weise geben, als es den Mitgliedern der Acc. del Cimento möglich war.

In dieser Rücksicht sind die Denkschriften der florentiner Akademie die aufrichtigsten Lobredner der grofsen Fortschritte, welche unsere Wissenschaft und namentlich die Experimentirkunst innerhalb der beiden letzten Jahrhunderte gemacht hat. Aber wir dürfen darum nicht übermüthig werden! Vergessen wir nicht, dafs wir auf den Schultern jener Männer stehen, und dafs wir ohne ihre

Erfahrungen vielleicht noch heute uns nicht einmal so geschickt wie sie bei denselben Aufgaben zu benehmen wüfsten.

Die Saggi der florentiner Akademie zerfallen in XIII Kapitel:

Kap. I. handelt von Mefsinstrumenten und deren Gebrauch.
II. enthält Versuche über den Druck der Atmosphäre.
III. Versuche über das künstliche Gefrieren des Wassers.
IV. Versuche über das natürliche Eis.
V. Versuche über die Ausdehnbarkeit der Metalle und anderer Körper durch die Wärme.
VI. Versuche über die Zusammendrückbarkeit des Wassers.
VII. Versuche zum Beweise des Nichtdaseins einer positiven Leichtigkeit.
VIII. Versuche über den Magnet.
IX. Versuche mit Bernstein und anderen elektrischen Substanzen.
X. Versuche über die Farbenänderungen in Flüssigkeiten.
XI. Versuche über die Fortpflanzung des Schalles.
XII. Versuche mit Geschossen.
XIII. Vermischte Versuche.

Ich will nun versuchen aus diesem reichhaltigen Schatz von Erfahrungsergebnissen das Lehrreichste für die Geschichte der Wissenschaft herauszuheben.

168. Kapitel I. von den Mefswerkzeugen enthält die Beschreibung dreier wichtigen Hülfsmittel der experimentellen Physik, des Thermometers, des Hygrometers und des Pendels.

Was das Thermometer betrifft, so diskutirte ich früher die Ansprüche der verschiedenen Personen, welche als Erfinder dieses Instruments genannt werden, und kam zu dem Schlufs, dafs mit überwiegenden Gründen der Wahrscheinlichkeit nur Galilei allein als solcher angesehen werden könne, da sich nachweisen lasse, dafs er schon gegen

das J. 1597 ein Instrument dieser Art darstellte (§ 112). Dieses Instrument, sowie die Instrumente aller übrigen vermeintlichen Erfinder, waren aber keine eigentlichen Thermometer, sondern Luftthermoskope oder vielmehr Thermo-Baroskope, Instrumente, in denen die Veränderungen des eingeschlossenen und veränderlichen Luftvolumens zugleich den Einwirkungen der Temperatur und des Luftdrucks ausgesetzt wurden.

Das Instrument der Acc. del Cimento muſs dagegen für ein wahres Thermometer erkannt werden, wiewohl ihm noch eine zuverlässige Skala abging. Es ist indeſs nicht, wie gewöhnlich geglaubt wird, eine Erfindung der Mitglieder dieser Akademie, sondern existirte schon eine geraume Zeit vor der Stiftung derselben. Die Geschichte der ersten Vervollkommnung des Instrumentes entbehrt ebenso sehr der offenkundigen Dokumente, als die seiner Erfindung. Man kann nicht mit Gewiſsheit angeben, wer den wichtigen Uebergang vom Thermoskop zum Thermometer machte. Nur so viel ist gewiſs, daſs das von den Saggi beschriebene Instrument der Hauptsache nach schon zu Ende des J. 1641, also 16 Jahre vor Gründung der Akademie und 2 Jahre vor Erfindung des Barometers, in Florenz existirte.

Wie **Viviani** in seiner Biographie von **Galilei** berichtet, hätte der Groſsherzog Ferdinand II. in eigener Person bedeutenden Antheil an der Vervollkommnung des Thermometers, und so scheint auch aus dem, was der Pater **Urbano Daviso**, ein Schüler **Cavalieri**'s angiebt, hervorzugehen, daſs der Groſsherzog es war, welcher dem florentiner Thermometer die Form gab, welche es besaſs. Auch hält es **Antinori** [1]) für unzweifelhaft, daſs derselbe das reine und gefärbte Wasser, welches man anfangs zum Füllen des Thermometers anwandte, und welches bei seinem Gefrieren leicht ein Springen des Thermometers zur Folge

[1]) **Antinori**, Notizie istoriche relative all'Accademia del Cimento, pag. 33.

hatte, durch Weingeist ersetzte, zuerst durch den gefärbten, weil derselbe leichter erkennbar ist, später durch farblosen, weil sich der Farbstoff leicht ausscheidet und Flecke auf der Innenseite des Rohres macht, welche die Ablesung erschweren.

Targioni-Tozzetti bezeichnet [1]), wie es scheint auf die Autorität unseres Landsmanns **Sturm**, das Jahr 1649 als die Epoche, wo der Grofsherzog diese Vervollkommnungen am Thermoskop anbrachte, während **Sturm** [2]) nur angiebt, der Grofsherzog habe in diesem Jahre dergleichen Instrumente, die indefs mehr Thermoskope als Thermometer gewesen, an **Magiotti** und **Kircher** in Rom gesandt. Aus dem Diario der Akademie geht jedoch klar hervor, dafs das von derselben angewandte und im J. 1641 konstruirte Thermometer mit Weingeist gefüllt war, und überdies weifs man, dafs **Torricelli** im J. 1646 dem berühmten französischen Reisenden **Monconys** das Thermometer und die übrigen Instrumente des Grofsherzogs zeigte. Ebenso ist verbürgt, dafs der Grofsherzog Ferdinand II. sich schon im J. 1644 des Thermometers bediente, um seine Versuche über das künstliche Ausbrüten der Hühnereier zu wiederholen [3]), und dafs er dieses Thermometer später an mehreren Orten zu meteorologischen Zwecken beobachten liefs.

Die von den Akademikern angewandten Instrumente waren Weingeistthermometer, die der Grofsherzog von

---

[1]) **Targioni-Tozzetti**, aggrandimenti delle scienze fisiche etc. I, 150

[2]) **Sturm**, Collegium experimentale curiosum II, 166.

[3]) Der Grofsherzog interessirte sich sehr für das künstliche Ausbrüten. Wissend, dafs dasselbe seit **Herodot's** Zeiten in Aegypten ausgeübt wurde, und zur Zeit noch in Kairo, liefs er von dort zwei koptische Christen nach Florenz kommen und Brutöfen bauen. Die Versuche gelangen aber schlecht; die Eier kamen wohl aus, aber die Küchlein waren mifsgestaltet, konnten den Kopf nicht ordentlich tragen, am dritten Tage schwollen ihre Augen stark und dann starben sie. Von 12 Dutzend Eiern, die man mit einem Mal in den Ofen gethan, kamen nur 61 aus, und von diesen blieben nur 3 am Leben. Nicht besseren Erfolg hatten die 14 Jahre später von **P. del Buono** und **Montanari** in Wien angestellten Versuche (§ 160).

einem sehr geschickten Glasbläser **Giuseppe Moriani** hatte verfertigen lassen. Sie besafsen meist die noch jetzt übliche Gestalt mit Ausnahme eines schraubenförmig gewundenen Halses (col cannello a chiocciola). In einer Beziehung hatten sie einen Vorzug, den man erst in neuester Zeit wieder gehörig anerkannt hat. Ihre Skala war nämlich nicht neben dem Thermometer auf Holz, Elfenbein oder Metall angebracht, wie meistens jetzt der Fall ist, sondern sie befand sich unmittelbar auf dem Glase des Instruments.

Diese Einrichtung wäre vortrefflich zu nennen, wenn die Skala aus Strichen bestanden hätte, die, wie man es gegenwärtig bei genauen Thermometern thut, entweder mittelst eines Diamanten oder mittelst Flufssäure in das Glas eingeschnitten werden. Allein statt der Striche waren die Abtheilungen durch Glasknöpfchen angegeben, die zwar mit grofser Geschicklichkeit angeschmolzen wurden, doch nie die Regelmäfsigkeit und Feinheit der Striche haben konnten. Jedes zehnte Knöpfchen war von weifsem Emailglas, die übrigen von dunklem Glase.

Diese Einrichtung gab zwar eine immer noch leidlich gute Ablesung, schlimmer aber stand es mit den Principien der Skale, welche sehr schwankend waren. Das am meisten angewandte Thermometer hatte eine in 50 Grade getheilte Skale; bei andern war diese in 60, 70 oder 100, bei den schraubenförmigen Thermometern gar in 300 oder 400 Grade getheilt. Das grofse oder, wenn man will, kleine Geheimnifs die Sprache zweier Thermometer übereinstimmend zu machen, kannten die florentiner Künstler und Akademiker noch nicht. Sie richteten die Skale ihrer Instrumente so ein, dafs die hunderttheiligen in der stärksten Winterkälte Toskanas 16—17°, und in den stärksten Strahlen der Sommer-Sonne 80° zeigten, und die fünfzigtheiligen im ersten Fall 11 bis 12°, im letzten 40° hatten.

Man sieht schon aus dieser Angabe, dafs die Thermometer, deren Skala eine verschiedene Anzahl von Graden umfafste, nicht mehr recht vergleichbar waren. Eine strenge Gleichheit fand selbst unter den verschiedenen Individuen

einer und derselben Art von Thermometern nicht statt, doch hatte hier die Geschicklichkeit des Künstlers den Mangel der Principien einigermafsen ersetzt. Wie man aus einer Aeufserung in den Saggi ersieht, erreichte man die Gleichförmigkeit der Instrumente dadurch, dafs man auf das Verhältnifs der Gröfse der Kugel zum Durchmesser der Röhre und zur Menge des hineingebrachten Weingeistes grofse Sorgfalt verwandte. Doch wird bemerkt, es könne die Regel zur Konstruktion eines guten Thermometers nur durch viele Praxis erlangt werden, und darin haben wir wohl eben den Grund zu suchen, weshalb die Saggi grade über den wichtigsten Punkt, über die Graduirung der Thermometer, so leicht hinweg gehen.

Wegen des Mangels an gut bestimmten festen Punkten in der Skala der florentiner Thermometer würde uns die Sprache derselben jetzt vollkommen unverständlich sein, wenn **Antinori** nicht im J. 1829 so glücklich gewesen wäre in einem Magazin zu Florenz unter vielen Glasapparaten, die aus jener glorreichen Zeit herstammen, eine ganze Kiste voll von den Thermometern mit 50theiliger Skala aufzufinden. Dadurch wurde **Libri** [1]) in den Stand gesetzt, das florentiner Weingeist-Thermometer mit einem nach Réaumur getheilten Quecksilberthermometer zu vergleichen, wobei sich ergeben hat, dafs

50° Fl. = 44° R.

13,5 - = 0 -, also 0° Fl. = — 15° R.

Es wäre zu wünschen, dafs ein solcher Vergleich mit mehreren Individuen der florentiner Thermometer und an mehreren Punkten ihrer Skale angestellt würde, damit man erführe, wie grofs die Uebereinstimmung zwischen denselben war. Dieser Vergleich hat darum besonders Interesse, weil, wie gesagt, der Grofsherzog Ferdinand grade mit dem 50theiligen Thermometer meteorologische Beobachtungen anstellen liefs.

---

[1]) Poggendorff's Annalen XXI, 325.

169. Solche Beobachtungen wurden seit 1654 regelmäfsig angestellt zu Florenz im Kloster degli Angeli, zu Vallombrosa und Cutigliano in den Bergen von Pistoja, zu Bologna von **Riccioli**, in Parma, Mailand, Warschau, Inspruck und Ossiponti. Der Pater **Luigi Antinori**, ein Jesuit und Teologo stipendiato des Grofsherzogs, führte über dieses älteste meteorologische Institut die Oberaufsicht.

Die Register sind mit grofser Sorgfalt geführt. Man beobachtete an jeder Station täglich an mehreren bestimmten Stunden, und zwar die Temperatur durch ein im Norden und ein im Süden aufgehängtes Thermometer, ferner das Barometer oder, wie man sagte, die Grade des Vacuo, die Windesrichtung, die Bedeckung des Himmels u. s. w. Die Barometer hatten eine willkührliche Skala, erst ein von **Borelli** beobachtetes war in Zoll und Linien getheilt, wahrscheinlich französische. Auch das in den Saggi abgebildete Barometer, bei welchem das untere Ende des Rohrs in einem ziemlich kugelförmigen auf einem Fufs ruhenden Gefäfs mit Quecksilber sich befindet, ist noch in Grade getheilt (§ 174).

Einige dieser meteorologischen Tagebücher sind noch vorhanden. Ein solches, welches 16 Jahre lang geführt wurde und mit einigen Lücken täglich fünf Beobachtungen enthält, ist im J. 1830 von dem genannten **Libri** benutzt worden, um damit die Frage zu entscheiden, ob sich seit jenen Zeiten die Temperatur von Toskana verändert habe. Man glaubte dies allgemein bejahend beantworten zu müssen, weil die Apenninen im XVII. Jahrh. noch sehr bewaldet waren und sie jetzt ziemlich kahl sind. Allein der Vergleich jener alten Beobachtungen, wobei das florentiner Thermometer auf Réaumur reducirt wurde, mit den im J. 1820 im Observatorium der frommen Schule zu Florenz angestellten, hat ergeben, dafs seit der Zeit keine nachweisbare Temperaturverschiedenheit eingetreten ist.

Nach **Libri** stammen diese Beobachtungen vom Pater **Renieri** her. Allein entweder herrscht hier eine Namens-

verwechelung, oder es ist ein anderer **Renieri** (auch Reinieri) als der Schüler **Galilei's**, der 1647 oder 1648 starb, und durch seine vergeblichen Rechnungen über die Jupitermonde bekannt ist (§ 115). Denn da dieser 1647 oder 1648 starb, konnte er mit dem florentiner Thermometer noch nicht 16 jährige Beobachtungen anstellen.

Unter den noch jetzt im grofsherzogl. Museum zu Florenz aufbewahrten Instrumenten aus jener Zeit befindet sich auch eine Modifikation des florentiner Thermometers, deren in den Denkschriften der Acc. del Cimento nicht erwähnt wird. Es ist dies eine Art von multiplicirendem Thermometer, nämlich ein Thermometer, dessen Stiel auf einem gewissen Theil der Skala beträchtlich enger ist, als auf dem übrigen Rohr, so dafs innerhalb dieses Theiles die Grade bedeutend gröfser ausfielen. Es diente offenbar zu Beobachtungen, die auf ein gewisses Temperatur-Intervall beschränkt waren.

170. Endlich findet sich in den Saggi noch ein sinnreiches Instrument beschrieben, das aber mehr ein Thermoskop als Thermometer zu nennen ist. Eben dieses war es, welches der Grofsherzog im J. 1649 an **Kircher** und **Magiotti** nach Rom sandte (§ 168). Es besteht aus einem Glasgefäfs angefüllt mit einer Flüssigkeit, worin Glaskügelchen schweben, welche durch ihr Steigen oder Sinken Temperaturänderungen anzeigen.

Auf einem ähnlichen Princip beruhen die in neuerer Zeit vorgeschlagenen aber nie recht in Anwendung gekommenen aräometrischen Glasperlen, die von **Alexander Wilson** (gest. 1786), weiland Professor der Astronomie in Glasgow, 1757 erfunden und später von **Lovi** verbessert worden sind. Sie sind nummerirt und so eingerichtet, dafs sie in Flüssigkeiten von dem specif. Gew. 1000—0,998—0,996—0,994 u. s. w. schwimmen bleiben.

Diese aräometrischen Glasperlen sind indefs keine neue Erfindung, auch sie kommen unter den im physikalischen Museum zu Florenz aufbewahrten alten Instrumenten vor. Sie sind zwar nicht nummerirt, aber dafür

ganz zweckmäfsig in einem Körbchen von Metallnetz eingeschlossen, so dafs man sie alle zusammen in die Flüssigkeit versenken und wieder herausziehen kann.

In diesem Instrumenten-Schatz finden sich überdies noch mehrere Werkzeuge zur Ermittelung des specif. Gewichts von Flüssigkeiten:

1) Volumen-Aräometer, ähnlich den **Beaumé**'schen, von Glas mit Schrot oder Quecksilber abgeglichen und einer Skale in Gestalt von Glasköpfchen auf dem Halse, daneben verschiedene Zahlen, z. B. 11, was bedeutet, dafs für jeden Grad die untersuchte Flüssigkeit 11 Gran mehr wiegt als eine Volumen-Unze Wasser.

2) Aehnliche Aräometer mit Weingeist gefüllt, die zugleich als Thermometer dienen, also Temperatur und specif. Gewicht zugleich angeben.

3) Gewichts-Aräometer von Glas und durch Schrot oder Quecksilber so ajustirt, dafs ihr Volumen dem Volumen einer Unze Wasser gleich kam, daher Palla d'Oncia genannt. An dem dünnen Hals befand sich eine Marke, und wurden kleine durchlöcherte Metallscheiben von bekanntem Gewicht aufgesteckt, bis das Instrument bis zu dieser Marke in die untersuchte Flüssigkeit einsank.

171. Als Anhang zur Geschichte des florentiner Thermometers mufs ich hier erwähnen, dafs, wiewohl dies Instrument vor der Stiftung der Acc. del Cimento und während des Bestandes derselben, keine Skala mit festen und unter allen Umständen wieder auffindbaren Punkten besafs, doch nach der Auflösung der Akademie ein ehemaliges Mitglied derselben diesem Mangel abhalf. Es war Carlo **Renaldini** (§ 161). In seiner *Philosophia naturalis*, die er während seines Aufenthalts zu Padua 1694 herausgab, sprach dieser ausgezeichnete Physiker zuerst aus, dafs der Schmelzpunkt des Eises und der Siedepunkt des Wassers als feste Temperaturen zur Graduirung des Thermometers benutzt werden können.

Er machte in dieser Beziehung zwei Vorschläge. Der erste bestand darin, dafs man das Thermometer folgweise

in geschabtes Eis und in siedendes Wasser tauchen, und den Raum zwischen beiden Ständen in 12 gleiche Theile theilen solle. Zweitens, daſs man das Thermometer successive tauche in geschabtes Eis, in eine Mischung von 11 Th. kaltem Wasser (aqua gelida) und 1 Th. siedendem Wasser, in 10 Th. kalt. + 2 Th. sied., in 9 k. + 3 s., in 8 k. + 4 s. u. s. w., und die entsprechenden Punkte des Thermometers bemerke.

Letzterer Vorschlag ist allerdings manchem Einwurfe ausgesetzt, der erste aber in der Hauptsache richtig; es müſste nur heiſsen, das Thermometer nicht in das siedende Wasser selbst, sondern in den Dampf zu tauchen und dabei auf den Barometerstand Rücksicht zu nehmen. Man muſs sich wundern, daſs dieser Vorschlag von den Zeitgenossen nicht weiter beachtet worden ist, so daſs noch der groſse **Newton** sieben Jahre später 1701 eine Graduirung beschreiben konnte, die offenbar viel unvollkommener ist.

Sehr zu verwundern ist es auch, daſs nicht schon die Akademiker bei ihren gemeinschaftlichen Arbeiten auf die von **Renaldini** vorgeschlagene Graduirung verfielen, denn sie beobachteten wirklich schon die Konstanz des Schmelzpunktes vom Eise. Als sie nämlich zu gewissen Zwecken eine bleierne Schale mit zerstoſsenem Eise, in welchem eins ihrer 50 theil. Thermometer stand, in eine Schüssel mit siedendem Wasser setzten, machten sie die Beobachtung, daſs das Thermometer fortwährend, so lange noch Eis vorhanden war, auf einem und demselben Punkt, auf etwa $13\frac{1}{2}$° Fl. stehen blieb. Aber die Konstanz des Siedepunkts entging ihnen, wiewohl sie auch ihre Thermometer in siedendes Wasser stellten. Diese Versuche gehörten wohl zu den am spätesten gemachten, denn sie werden erst im letzten, im XIII. Kap. beschrieben.

172. Das zweite Meſswerkzeug, welches wir in den Saggi der Acc. del. Cim. beschrieben finden, ist das Hygrometer. Auch dieses Instrument macht seinem Erfinder alle Ehre, und es wäre daher wichtig zu wissen,

ob wir wirklich wie angegeben wird, als solchen den Grofsherzog **Ferdinand II.** zu betrachten haben, obwohl es keinem Zweifel unterliegt, dafs er sich schon vor der Stiftung der Akademie mit diesem Hygrometer beschäftigte und wenigstens später, im J. 1665, Exemplare davon an verschiedene Fürsten Europas verschenkte.

Alle bis dahin angewandten Hygrometer verdienten diesen Namen nicht; sie waren nur Hygroskope, gründeten sich auf das Vermögen vegetabilischer und animalischer Substanzen Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen, und dadurch an Gewicht entweder zuzunehmen, wie in der hygroskopischen Wage des Kardinals **de Cusa**, oder ihre Länge zu verändern, wie in dem akustischen Hygroskop **Mersenne**'s.

Die Eigenschaft der aus Hanffasern gedrehten Taue sich durch Feuchtigkeit zu verkürzen, kannte schon der berühmte Baumeister **Domenico Fontana**, der davon im J. 1586 bei Aufrichtung des grofsen Obelisk vor der Peterskirche eine sehr zur rechten Zeit kommende Anwendung machte. Denn als man den ungeheuren Steinblock beinahe aufgerichtet hatte, versagten die Winden ihren Dienst, die ganze Arbeit schien verloren. Da befahl **Fontana**, vielleicht durch seinen Namen daran erinnert, Wasser auf die Stricke zu giefsen, und siehe da, sie zogen mit solcher Gewalt zusammen, dafs sie den Obelisk in die Höhe richteten! Auf demselben Princip beruht das 1626 von dem Arzte **Santorio** zu Venedig erfundene Hygroskop, bei welchem eine Darmsaite die Feuchtigkeit aufsaugt, und das Hygrometer von **Maignan**, der die Granne vom wilden Hafer verwendete, wie es der französische Reisende **Monconys** 1646 bei **Torricelli** sah.

Alle diese Instrumente konnten wohl über das Mehr oder Weniger der Feuchtigkeit in der Luft eine Anzeige liefern, aber niemals auch nur angenähert die Menge derselben angeben. Das in den Denkschriften der Acc. del Cim. beschriebene Instrument, welches der Grofsherzog Ferdinand II. seine Mostra umidaria nannte, war dagegen

ein wirkliches Hygrometer, oder konnte es wenigstens bei richtiger Anwendung sein. Es beruhte nicht auf Absorption der Wasserdämpfe, sondern auf Kondensation derselben, und hatte folgende Gestalt:

Ein kegelförmiger Korb, innen ausgepicht, aufsen mit Weifsblech bekleidet, stand auf einem Dreifufs und verlief nach unten in einen spitzen geschlossenen Glastrichter. Dieser Apparat wurde mit zerstofsenem Eise gefüllt, in Folge defs sich der dünne Glastrichter stark abkühlte, so dafs sich die in der Luft befindlichen Wasserdämpfe darauf niederschlugen, zu tropfbarem Wasser verdichteten und an der Spitze abliefen. Um dies Wasser aufzufangen stellte man einen durch Glasknöpfchen graduirten Glasbecher darunter, und der Gebrauch des Instruments war dann der, dafs man die Zeit mafs, während welcher sich der Becher ganz oder bis zu einem bestimmten Punkt mit Wasser füllte.

Auf diese Weise ermittelte man u. A., dafs in Florenz die vom Meere kommenden Süd- und Westwinde feuchter waren als die über die Apenninen hinweg streichenden Nord- und Ostwinde. Der Gebrauch dieses Instruments war allerdings etwas umständlich, schon insofern, als er immer die Möglichkeit voraussetzte sich Eis verschaffen zu können; auch konnte es eigentlich erst dann ein Mefswerkzeug genannt werden, wenn man es auf ein eingeschlossenes Luftvolumen hätte wirken lassen. Aber das Princip desselben war doch rationell, und es mufs in der That auffallen, dafs man erst in der neueren Zeit nach vielen Umwegen wieder zu demselben, aber freilich in verbesserter Gestalt, zurückgekehrt ist.

Da hier vom Niederschlag der Wasserdünste die Rede war, so mag bei der Gelegenheit eine gleichfalls darauf bezügliche Mittheilung von **Dioskorides** erwähnt werden. Er sagt, um sich auf dem Meere frisches Wasser zu verschaffen, solle man abgeschorene Wolle rings um das Schiff aufhängen; dieselbe werde von den feuchten Dünsten des

Meeres ganz nafs, so dafs man süfses Wasser daraus drücken könne [1]).

173. Das dritte Instrument, welches sich in den Saggi beschrieben findet, das Pendel, war auch schon vor der Stiftung der Akademie in die Form gebracht, in welcher wir es hier antreffen. Es bestand aus einer Kugel, die an zwei Fäden hing, um die konische Schwingung zu verhüten.

Die Akademiker gebrauchten es namentlich zu ihren Versuchen über die Fortpflanzung des Schalles, die auch schon vor der Stiftung der Akademie im J. 1656 angestellt wurden. Sie bemerkten dabei, dafs die kleinen Schwingungen in kürzerer Zeit als die grofsen geschehen, und beschreiben daher eine Art Pendeluhr, als deren Urheber sie **Vincenzo Galilei** 1649 angeben. Hieraus hat **Huyghens**, der wahre Erfinder, Anlafs genommen sich in einem Briefe darüber zu beklagen, dafs **Magalotti** dem **Galilei** und seinem Sohn die Erfindung der Pendeluhr zuschreibe. Indefs geht aus einem Briefe **Galilei**'s vom 9. Januar 1637 hervor, dafs er die Idee das Pendel mit einem Räderwerk zu versehen bereits gehabt hat. Wir kommen darauf später noch einmal zurück.

174. Kapitel II handelt von den Versuchen über den Druck der Atmosphäre. Die Akademiker beschreiben darin ihr Barometer, welches die Gestalt von Fig. 10 hatte, also die eines Gefäfsbarometers, wie alle der ersten Zeit. Es war mit einer Skala auf der Röhre versehen, aber nicht in Zoll und Linien getheilt, sondern in Grade mittelst Glasknöpfchen; auch führte es noch nicht den Namen Barometer, und kann ich nicht sagen, wer diesen Namen eingeführt hat.

Fig. 10.

Von wem und wann die ersten Heberbarometer gemacht sind, läfst sich nicht genau sagen, doch gab es dieselben schon während des Bestandes der Akademie; **Hooke**'s Radbarometer,

[1]) Porta, Magia nat. lib. XX, art. 3, pag. 1021.

welches dazu gehört, datirt von 1665. Es findet sich allerdings schon ein Heberbarometer in den Saggi beschrieben, aber eins, bei dem der kurze Schenkel zu einem feinen Haarröhrchen ausgezogen ist. Es diente dies aber nur zu einem besonderen Versuch, nämlich um zu sehen, ob, wie Einige glaubten, der Druck der Luft abnehme, wenn er durch ein Haarröhrchen wirke. Die Akademiker fanden keinen Einfluſs dieses Röhrchens.

Mit einem Gefäſsbarometer von der angegebenen Form wiederholten die Akademiker, wie es in den Saggi heiſst, die zuerst in Frankreich angestellten Versuche über das Sinken des Barometers mit der Erhebung vom Erdboden, ohne jedoch **Pascal** zu nennen. Sie wählten dazu einen Thurm in Florenz von 142 Bracc. Höhe, konnten indeſs die Thatsache schon an einem von 50 Bracc. nachweisen.

Daſs die Saggi selber sagen, der Versuch sei zuerst in Frankreich angestellt, ist für die Geschichte insofern wichtig, als daraus erhellt, daſs die Ansprüche, die **Antinori** in den Saggi von 1841 in dieser Beziehung für Italien erheben wollte, wohl unbegründet sind. Er stützt sich darauf, daſs **Claude Berigard** aus Moutins (auch **Beriguardi**, Professor der Mathematik und Philosophie in Paris, Lyon, Avignon, dann in Pisa, zuletzt in Padua, gest. 1663) in seinem *Circulo Pisano, Udine 1643* sagt: Das mit Quecksilber gefüllte Rohr lasse am Fuſse eines Berges oder Thurmes ein kleineres Vakuum als auf der Spitze eines solchen. Allein, wenn das Buch wirklich 1643 erschienen ist, so könnte es sein, daſs es eine Anticipation des Verfassers wäre, wie wir für eine solche auch offenbar die Stelle in **Torricelli's** Brief an **Ricci** zu nehmen haben, wo er sagt, daſs die Luft am Erdboden am schwersten sei, und sie immer leichter und reiner werde, sowie man sich auf den Gipfel eines Berges begebe [1]).

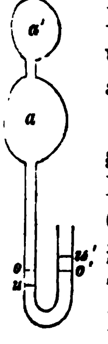
Das Fallen des Barometers mit Erhebung vom Erdboden ist bekanntlich eine natürliche Folge davon, daſs

[1]) Antinori, Notizie istoriche relat. all' Acc. del Cim. 1841, p. 29.

der Druck der Atmosphäre mit der Höhe abnimmt. Da die Luft eine elastische Flüssigkeit ist, so folgt aus dieser Abnahme des Drucks nothwendig, dafs die Luft selbst oben weniger zusammengedrückt sein mufs als unten. Dies sahen denn auch die florentiner Akademiker ein, und bewiesen es durch ein Paar recht hübsche Versuche:

1) Den Apparat, Fig. 11, der in *a* und *a'* Luft und im Schenkel Quecksilber enthielt, brachten sie an den Fufs eines Thurmes, wo das Quecksilber im Niveau *oo'* stand. Hierauf schmolzen sie bei *b* zu, und zogen den Apparat an einem Faden zum Thurm hinauf. Hier stand das Quecksilber in den Schenkeln nun ungleich bei *u* und *u'*; die untere Luft hatte sich also, so bald sie oben kam, ausgedehnt.

Fig. 11.



2) Der zweite Versuch wurde ebenso ausgeführt, der Apparat hatte aber eine andere Form. Das Rohr *C*, Fig. 12, war bei *k* offen und das Gefäfs ward bei *i* zugeschmolzen. Da die Luft im letzteren dichter war als die oben auf dem Thurm, so wurde hier das Quecksilber der Druckdifferenz entsprechend in die Röhre *C* hinaufgeprefst. Ausdrücklich bemerken die Akademiker, dafs man sich hierbei der gleichen Temperatur unten und oben versichern müsse.

Fig. 12.

Obwohl der Druck der Luft durch diese Erfahrungen schon hinlänglich bewiesen war, so begnügten sich die Akademiker noch nicht damit, sondern stellten noch eine ganze Reihe von Versuchen an, um zu zeigen, dafs es wirklich dieser Druck sei, der das Quecksilber im Barometer halte. Der direkteste unter diesen möchte wohl der sein, wo sie mittelst einer kleinen Handluftpumpe aus dem verschlossenen Gefäfs des Barometers die Luft fortnahmen, und nun das Barometer fallen sahen.

Sie stellten auch den Versuch an, welchen **Pascal** schon 1647 beschrieben hatte und von dem sie sagen, dafs bereits **Torricelli** ihn beabsichtigt habe. Sie neigten näm-

lich das Barometerrohr und beobachteten, dafs dabei die senkrechte Höhe des Quecksilberspiegels in der Röhre über dem äufseren im Gefäfs konstant bleibt. Bei fortgesetztem Neigen, sagen sie nun, erreiche das Quecksilber endlich die Wölbung der Röhre bis auf ein wenig Luft, die im Vakuum sei! Auch Wasser enthalte Luft.

Sehr zahlreich und geschickt erdacht sind die Versuche der Akademiker mit dem Vakuum. Wir bedienen uns gegenwärtig zu solchen Versuchen mit viel besserem Erfolge der Luftpumpe. Allein die florentiner Physiker, denen nur eine kleine Handluftpumpe zu Gebote stand, waren genöthigt dazu das Barometer anzuwenden, welches sie zu dem Ende oben erweitert und verschiedenartig gestaltet hatten, um so ein Vakuum von bequemer Form und einigermafsen hinreichender Gröfse zu erhalten.

Um zu beweisen, dafs die Luft mit vermindertem Druck sich ausdehne, brachten sie eine faltige verschlossene Lammblase in das Vakuum, welche darin durch die sich nun ausdehnende Luft völlig aufgespannt wurde. Ferner zeigten sie, dafs die Tropfen des Wassers und anderer Flüssigkeiten ihre Gestalt nicht dem Luftdruck verdanken. Zu dem Ende brachten sie über dem kugelförmigen Vakuum noch eine zweite kleinere Kugel an, welche etwas Wasser enthielt, und von der ersten durch einen Hahn getrennt war. Wurde dieser geöffnet, so tropfte das Wasser in den unteren luftleeren Behälter, und bewahrte hier dieselbe Form wie im lufterfüllten Raum. Durch einen anderen Versuch zeigten sie, dafs das Steigen der Flüssigkeiten in Haarröhren vom Luftdruck ganz unabhängig ist. In den Hals einer Flasche wurde ein bis nahe auf den Boden gehendes Kapillarrohr gebracht, die obere Flaschenöffnung dicht verschlossen, die Flasche dann horizontal gelegt, und etwas Rothwein durch eine Seitenöffnung hineingegossen. Nachdem nun aus der letzteren mittelst einer Luftpumpe die Luft aus der Flasche entfernt war, wurde diese wieder aufgerichtet, worauf das Kapillarrohr mit dem

Wein in Berührung kam, welcher hineinstieg und stehen blieb, als die Luft wieder Zutritt zu der Flasche erhielt.

Die florentiner Akademiker fanden auch, daſs Wasser im Vakuum Luft entbindet, und daſs es in diesem schon bei mäſsiger Erwärmung zum Sieden kommt. Es waren dies jedoch, wie sie selbst sagen, nur Wiederholungen von Versuchen des englischen Physikers **Boyle**. Sie stellten ferner auch verschiedene Versuche über die Fortpflanzung des Schalles an, kamen dabei aber zu keinem reinen Resultat. Sie hörten eine Glocke noch im Vakuum tönen, meinten aber mit Recht, daſs dies entweder von zurückgebliebener Luft herrühre oder von der Fortleitung des Schalles durch den Faden, woran die Glocke hing.

Es ist indeſs wohl zu beachten, daſs das Vakuum, welches die Florentiner darstellten, selbst das mit dem Barometer erhaltene, kein vollkommenes war, da die Akademiker noch nicht darauf verfielen das Quecksilber auszukochen. Wir dürfen uns daher auch nicht wundern, daſs sie, als sie ihr barometrisches Vakuum erwärmten oder abkühlten, eine Vergröſserung oder Verringerung desselben bemerkten, aber auffallend ist es, daſs sie dies nicht einem Luftrückstand zuschrieben, da sie bei dem oben erwähnten Steigen des Barometers doch selber angeben, daſs immer etwas Luft über dem Quecksilber bleibe, weil ja dasselbe nicht ausgekocht war. Von diesem Luftrückstand oder eigentlich der darin enthaltenen Feuchtigkeit ist es auch abzuleiten, daſs sie häufig von geriebenem Bernstein im Vakuum keine elektrische Wirkung bekommen konnten, während sie andererseits den Magneten unter denselben Umständen immer wirksam fanden.

Endlich stellten die Akademiker auch eine groſse Anzahl von Versuchen mit Thieren an, die sie in das Vakuum brachten: Blutegel, Schnecken, Grillen, Fliegen, Schmetterlinge, Frösche, Eidechsen, Krebse und verschiedene Fische. Sie erwähnen dabei, daſs **Torricelli** die ersten derartigen Versuche angestellt habe, aber nur mit sehr kleinen Thieren,

und dafs es ihm zweifelhaft geblieben sei, ob sie durch das Quecksilber der Barometersäule getödtet, oder aus Luftmangel gestorben seien.

175. Kap. III: Ueber das künstliche Gefrieren des Wassers. Diese Versuche bezweckten die Gröfse und Gewalt der Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren näher kennen zu lernen. Die Akademiker verschafften sich kugel- oder birnförmige Gefäfse von Messing, Kupfer, Silber oder Gold, die durch eingeschraubte Bolzen dicht verschlossen werden konnten. Diese füllten sie mit eiskaltem Wasser, und liefsen es dann darin gefrieren. Wie stark die Gefäfse auch sein mochten, allemal bekamen dieselben Risse und platzten.

Man machte auch einen Versuch die Gröfse der Ausdehnung zu bestimmen. Es wurde ein Rohr, das an einem Ende offen war, ganz mit Wasser gefüllt und dies dem Gefrieren ausgesetzt. Ein Theil des Eises drang dabei zum Rohre heraus; dies sonderte man ab, und wog nun das Rohr mit dem Eise. Indem nun dieses Gewicht verglichen wurde mit dem Gewicht Wasser, welches dasselbe Rohr füllte, fand man es im Verhältnifs 9 : 8 geringer, woraus denn gefolgert ward, dafs sich das Wasser beim Gefrieren im Verhältnifs 8 : 9 ausdehne. Diese Versuche, die ersten ihrer Art, haben noch das Bemerkenswerthe, dafs dabei das Gefrieren des Wassers durch eine Kältemischung bewerkstelligt ward.

Den florentiner Physikern gebührt das Verdienst eine solche Kältemischung wohl zuerst zu wissenschaftlichen Zwecken benutzt zu haben, denn sie bedienten sich derselben schon im J. 1657 bei Gelegenheit ihrer Versuche über die Einwirkung der Wärme und Kälte auf die Geräumigkeit von Gefäfsen. Sie wandten zur künstlichen Erzeugung von Kälte verschiedene Gemische an: Schnee und Kochsalz, Schnee und Weingeist, Schnee, Salz und Weingeist, Schnee und Salpeter, Schnee und Salmiak. Das letzte Gemisch gab ihnen die gröfste Kälte, 5° ihres 100theiligen Thermometers.

Dafs Weingeist auf Schnee geschüttet Kälte erzeugt, führen sie als eine bekannte Thatsache an, sagen aber nicht, von wem sie her stamme. Möglicherweise könnte die eine oder andere dieser Erscheinungen schon von dem Engländer **Boyle** beobachtet worden sein, da er sich um die Zeit der florentiner Akademie mit ähnlichen Versuchen beschäftigte. Indefs datirt seine *Experimental History of Cold,* worin er die hierher gehörigen Beobachtungen zusammengestellt hat, vom J. 1665. Auch mufs ich bemerken, dafs, was den Salpeter betrifft, schon eine viel ältere Beobachtung vorhanden ist, die man bei **Porta** in seiner Magia nat. von 1589 findet.

Daselbst wird Buch XX, Kap. 2 angegeben, wie man Wasser aus Luft machen könne. Man fülle, heifst es, einen Glaskolben mit einem Gemenge von zerstofsenem Eis und unreinem Salpeter, den man Solazzo nenne. Dadurch entstehe eine grofse Kälte, es schlage sich Wasser an dem Kolben nieder, träufle an ihm herab, und könne mit einem darunter gestellten Glase aufgefangen werden. Man sieht, hier ist dasselbe Princip angewandt, worauf die Florentiner ihr Hygrometer gründeten, aber **Porta** hat an diese Benutzung noch nicht gedacht.

Interessant ist noch eine bei dieser Gelegenheit von **Porta** beiläufig gemachte Bemerkung. Man sehe, sagt er, zu Venedig in den Zimmern, welche Fenster von Glas haben, dafs diese, wenn es draufsen kalt sei, inwendig zu schwitzen beginnen und Wassertropfen an sich herunter laufen lassen. Es mufs also wohl damals in Neapel noch keine Glasfenster gegeben haben.

In Kap. IV: Vom natürlichen Eise, ist besonders ein Versuch sehr merkwürdig. Die Akademiker stellten eine Masse von 500 Pfund Eis in gröfserer Entfernung vor einem Hohlspiegel auf, und brachten in den Brennpunkt desselben eins ihrer empfindlichen Thermometer; augenblicklich sahen sie dieses bedeutend fallen. Es entstand bei ihnen der Zweifel, ob dies nicht von der Nähe des Eises am Thermometer herrühren möge, und schoben des-

halb einen Schirm zwischen Spiegel und Thermometer. Sogleich stieg dieses auf die Temperatur der umgebenden Luft. Sobald sie aber den Schirm fortzogen, sank es abermals. Es war also nicht die direkte, sondern die durch den Hohlspiegel vermittelte Wirkung des Eises, welche das Thermometer zum Sinken gebracht hatte.

Dies ist die älteste Beobachtung über strahlende Wärme, oder wenigstens die älteste wissenschaftlich festgestellte Thatsache über die Existenz der strahlenden Wärme, denn allerdings findet sich schon eine frühere Angabe in Porta's Magia nat. Buch XX, Kap. IV, S. 955 der Uebersetzung. Da heifst es: Wenn man eine brennende Kerze in den Brennpunkt eines Hohlspiegels stelle, so werde das Licht so stark gegen die Augen geworfen, dafs man davon die Wärme und den Glanz nicht ertragen könne. Es sei auch wunderbar, dafs wie die Wärme so auch die Kälte zurückgeworfen werde. Worauf sich die letzte Angabe stützt, ist nicht näher angegeben.

In diesem Kapitel sprechen die Akademiker auch von dem Rauch des Eises, und bemerken dabei, dafs er verschieden sei von dem Rauch verbrennender Körper, und vielmehr Aehnlichkeit habe mit den Morgennebeln.

176. Kapitel V bespricht die Einwirkung der Wärme und Kälte auf die Räumlichkeit von Gefäfsen. Auch hier stofsen wir sogleich auf einen sehr hübschen Versuch. Nach der Lehre damaliger Physiker sollten die Körper, wenn sie erwärmt oder erkältet werden, eine Art Reaktion ausüben, vermöge welcher sie bei Erwärmung Kälte und bei Erkältung Wärme erzeugten. Man nannte dies die Antiperistasis.

Um diese Lehre zu prüfen erwärmten die Akademiker Eis, indem sie eine damit gefüllte Schale in eine andere voll siedenden Wassers setzten, erwartend, dafs das Eis vermöge der Antiperistasis sich noch mehr abkühlen würde. Allein sie sahen, wie schon früher erwähnt, das Eis schmelzen, und dabei die Temperatur unveränderlich auf einem und demselben Punkt beharren. Um die Antiperistasis

noch auf eine andere Probe zu stellen, füllten sie ein thermometerartiges Glasgefäfs mit kaltem Wasser, und brachten es rasch in siedendes. Da sahen sie nun wirklich im ersten Augenblick das Niveau des eingeschlossenen Wassers fallen, als ob es sich bei erster Einwirkung der Wärme zusammengezogen oder erkältet habe. Allein die Akademiker machten den richtigen Schlufs, dafs das Fallen dieses Wasserthermometers nicht von einer Zusammenziehung des Wassers, sondern von einer Ausdehnung der Glashülle herrühre, auf welche die Wärme in den ersten Augenblicken ihre volle Wirkung äufsern müfste, während sie das Wasser nur noch unvollkommen durchdrungen habe.

Damit an der Richtigkeit dieses Schlusses kein Zweifel bleibe, änderten die Akademiker den Versuch in einer sehr belehrenden Weise ab, durch welche der wahre Vorgang gleichsam ad oculos demonstrirt wurde. Sie brachten nämlich in das Wasserthermometer mehrere von ihren Glaskügelchen, die bei gewöhnlicher Temperatur ein gleiches oder etwas geringeres specifisches Gewicht hatten als das Wasser, also in diesem oder auf diesem schwimmen blieben. Nun wiederholten sie den Versuch, und sahen bei schneller Eintauchung des Thermometers in heifses Wasser nicht allein das Niveau des eingeschlossenen Wassers sinken, sondern auch die Glasperlen. Das Sinken dieser Glasperlen gab den augenscheinlichen Beweis, dafs das Wasser specifisch leichter also wärmer geworden sei, oder sich ausgedehnt hatte, folglich konnte das Sinken des Niveaus nur von der Ausdehnung des Glases herrühren, und mithin war auch für diesen Fall die hypothetische Antiperistasis vollständig widerlegt.

Nachdem die Akademiker den eben beschriebenen Versuch angestellt, zeigten sie auch, dafs man bei einer gewissen Gestalt des Gefäfses die entgegengesetzte Wirkung erhalten kann, nämlich bei rascher Eintauchung in heifses Wasser zuerst eine starke Ausdehnung der Flüssigkeit, und bei rascher Eintauchung in kaltes Wasser eine Zusammenziehung.

Es erfolge dies, wenn das Gefäfs die Gestalt *A* Fig. 13 habe und die Wände dick seien, und zwar aus dem Grunde weil bei rascher Erwärmung oder Erkältung die Aufsenseite des konkaven Theils im ersten Falle ausgedehnt, im letzten zusammengezogen, und dadurch der Raumgehalt der Flasche in jenem Fall verringert und in diesem vergröfsert werde. Sie wiesen dies experimentell nach, indem sie eine dicke gekrümmte Glasfeder *B* Fig. 14 durch Annäherung einer glühenden Kohle an der Krümmung rasch erwärmten, zuerst aufserhalb bei *a*, und dann innerhalb bei *b*. Im ersten Fall gingen die Schenkel zusammen, im letzten auseinander. Diesen Versuch modificirten sie mehrfach u. A. auch dahin, dafs sie einen Metalldraht zwischen den Schenkeln der Glasfeder ausspannten, und den Ton desselben mit dem Ton einer Zither in Einklang brachten. Wurde nun die glühende Kohle einmal der konvexen Seite *a* und ein anderes Mal der konkaven *b* genähert, so ward der Ton im ersten Fall tiefer, im zweiten höher in Folge der geänderten Spannung.

Fig. 13.

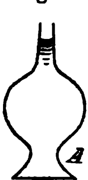
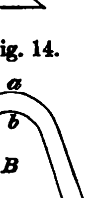


Fig. 14.



Alle diese Versuche betrafen die Gestaltsveränderung der Körper bei ungleichförmiger Erwärmung derselben, oder für den Fall, wo die Wärme sich in ihnen noch nicht ins Gleichgewicht gesetzt hatte. Die Akademiker untersuchten indefs auch die Wirkung einer gleichförmigen Erwärmung der Körper, und zeigten dabei auf verschiedene sehr augenfällige Weisen, dafs diese Wirkung immer in einer Ausdehnung oder Volumenvergröfserung bestehe.

Für Glas war ihr Apparat etwas künstlich. Eine zu einem kreisrunden Ring geformte Glasröhre hatte zwei Eingufsöffnungen, und innerhalb des Ringes ein genau passendes Kreuz von Holzstäbchen. Wurde nun in den Glasring heifses Wasser gegossen, so pafste das Holzkreuz nicht mehr, sondern fiel heraus.

Für Metall verfuhren sie verschieden. Entweder hatten sie einen Ring, der bei gewöhnlicher Temperatur genau auf einen Cylinder paſste und der also erwärmt darauf schlotterte, oder Kegel, die mit der Spitze in die Löcher einer Stahlplatte gesteckt wurden, und um so weniger tief hineingingen, je mehr sie erwärmt worden waren; oder sie nahmen einen Draht, befestigten daran eine Kugel und lieſsen diese bis dicht an einen horizontalen Spiegel herab. Bei Erwärmung des Drahtes näherte sich die Kugel sichtbar dem Spiegel und umgekehrt.

Die Methode mit dem Kegel wandten sie auch an, um die Ausdehnung des Holzes durch Feuchtigkeit zu erweisen. Ein Ring von Buchsbaumholz wurde auf einen Metallkegel geschoben, erst trocken und dann nachdem er drei Tage in Wasser gelegen hatte. Eine Marke am Kegel zeigte nun, daſs er sich jetzt viel weiter aufschieben lieſs.

177. Kap. VI hat zum Inhalt die Zusammendrückbarkeit des Wassers. Die Versuche darüber waren sämmtlich unfruchtbar, und konnten auch kein reines Resultat geben, da man kein Mittel auffand die Ausdehnung der Gefäſse zu verhindern, in denen man das Wasser komprimiren wollte. Einer der Versuche bestand darin, daſs man das Wasser in eine silberne Kugel einschloſs, die man durch Hämmern auf ein kleineres Volumen zu bringen hoffte; der Erfolg war aber, daſs bei diesem Hämmern die Silberkugel Poren bekam, aus welcher das Wasser herausspritzte. Erst in neuerer Zeit ist erwiesen, daſs auch tropfbare Flüssigkeiten durch mechanische Gewalt zusammendrückbar sind, obwohl in einem weit geringeren Grade als Gase.

Versuche zum Beweise des Nichtdaseins einer positiven Leichtigkeit erfüllen Kap. VII. Die Erscheinungen des Aufsteigens von Rauch in der Luft, von Holz in Wasser u. dgl. m. hatten unter den alten Physikern die wunderliche Lehre erzeugt, daſs es absolut

leichte Körper gebe, und daſs sie sich vermöge dieser angeborenen Leichtigkeit in anderen erhöben, die nicht mit dieser Eigenschaft begabt seien. Diese Lehre fand noch in der Mitte des XVII. Jahrhunderts ihre Anhänger, obgleich schon Galilei und Torricelli dagegen gekämpft und gezeigt hatten, daſs jenes Aufsteigen nur hervorgehe aus dem Druck des umgebenden specifisch schwereren Mittels.

Die Akademiker del Cimento suchten nun die positive Leichtigkeit dadurch zu widerlegen, daſs sie zeigten, wie mit Aufhebung dieses Drucks auch das Steigen der sogenannten leichten Körper aufhöre. Sie richteten es nämlich so ein, daſs ein Körper nur von den Seiten her den Druck des specifisch schwereren Mediums erleiden konnte, der Druck von unten her aber fortgenommen war, und da sahen sie denn, daſs das Steigen nicht erfolgte.

Sie verschafften sich eine Holzbüchse mit vollkommen ebenem Boden, und einen Holzcylinder mit vollkommen ebener Grundfläche; der Cylinder hatte einen beträchtlich kleineren Durchmesser als die Büchse. Sie stellten ihn nun in die Büchse, und gossen in den Zwischenraum vorsichtig Quecksilber bis nahe zum oberen Rand, und siehe da, der Cylinder hob sich nicht! Einen ähnlichen Versuch machten sie mit einer elfenbeinernen Kugel, die bis zur Hälfte in eine genau passende kugelförmige Schale von demselben Material gelegt war; auch hier hob darauf gegossenes Quecksilber die Kugel nicht von ihrer Unterlage ab. So wie indeſs das Quecksilber nur ein wenig Gelegenheit hatte unter den Cylinder oder die Kugel zu kommen, so wurde der eine wie die andere natürlich sogleich gehoben. Dadurch war also der Grund des Steigens von Körpern in specifisch schwereren Mitteln demonstrirt.

Kap. VIII, Versuche über den Magnet und Kap. IX, Versuche über den Bernstein enthalten wenig Eigenthümliches. Nur im neunten Kapitel findet sich eine bemerkenswerthe Thatsache, nämlich die, daſs die elektrische

Kraft des geriebenen Bernsteins zerstört wird, wenn man ihn um eine Flamme herumführt.

Auch Kap. X, das von den Farbenveränderungen einiger Flüssigkeiten handelt, enthält nichts Bemerkenswerthes, allenfalls könnte es von Interesse sein zu wissen, daſs die Akademiker die Röthung der Lackmustinktur und ähnlicher Flüssigkeiten durch Säuren, z. B. Citronensaft, Schwefelsäure, sowie die Herstellung der blauen Farbe durch Kalilösung (Oleum tartari) u. s. w. schon gekannt haben.

Kap. XI enthält die Versuche über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles, welche, obwohl dieselben sich in den Saggi beschrieben finden, schon vor der Stiftung der Akademie im J. 1656 angestellt wurden, woran namentlich **Borelli** und **Viviani** sich betheiligten.

Die Methode war die schon von **Gassendi** und **Mersenne** angewandte, daſs man die Zeit zwischen Blitz und Knall eines in einer gemessenen Entfernung abgefeuerten Geschützes beobachtete. Man führte indeſs die Methode genauer aus, und kam dadurch der Wahrheit näher. Man fand 1111 par. Fuſs in der Sekunde, während die wahre Geschwindigkeit nach **Moll** und **v. Beek** 1022,8 p. F. bei 0^0 ist (§ 135). Auf die Temperatur wurde nicht Rücksicht genommen, auch mochte die mit einem Pendel gemachte Zeitbestimmung nicht genau sein. Wie **Gassendi** fand man, daſs der Wind keinen Einfluſs auf die Schallgeschwindigkeit habe, er mochte mit oder gegen den Schall gehen, was natürlich nicht streng richtig sein kann.

Kap. XII giebt die Versuche mit Projektilen. Hier prüften die Akademiker zunächst den von **Galilei** aufgestellten Satz, daſs eine in gewisser Höhe horizontal abgeschossene Kugel in derselben Zeit den Boden erreicht, in welcher sie ihn senkrecht herabfallend durch bloſse Wirkung der Schwerkraft erreicht haben würde. Sie machten die Versuche zu Livorno auf einem 50 Ellen hohen Thurm der Festungswerke am Meere. Sie schossen Kugeln

von verschiedenem Kaliber in horizontaler Richtung nach der Meerseite hin ab, und beobachteten genau, wann sie ins Wasser fielen. Dann liefsen sie Kugeln vom Thurm senkrecht herabfallen, und beobachteten auch die dazu erforderliche Zeit. Beide Zeiten erwiesen sich gleich.

Eine zweite Untersuchung betraf den Widerstand der Luft. **Galilei** hatte, wie schon früher erwähnt, vorausgesagt, dafs, wenn man eine Kugel senkrecht herabschiefse, einmal aus einer kleinen, das andere Mal aus einer grofsen Höhe, ihre Geschwindigkeit im letzteren Falle geringer sein würde als im ersten, obgleich bei dem Schusse aus grofser Höhe noch die Fallgeschwindigkeit mitwirkt. Er hatte dies als eine Folge des Widerstandes der Luft bezeichnet, welcher bei dem Schufs aus grofser Höhe vermöge des längeren Weges durch die Luft wirksamer sein mufs als bei dem Schufs aus kleiner Höhe.

Die Akademiker prüften diese Divination ihres grofsen Lehrers durch den Versuch, indem sie Kugeln von gleichem Gewicht und mit gleicher Ladung aus verschiedenen Höhen senkrecht auf eine Eisenblech-Tafel herabschossen. Immer fanden sie, dafs die Eindrücke, welche die Kugeln auf dieser Tafel machten, bei denen aus grofser Höhe schwächer waren als bei denen aus kleiner.

Kap. XIII berichtet über verschiedene Versuche. Unter diesen, die nicht allein ihrem Gegenstand, sondern auch ihrem Werthe nach sehr verschiedenartig sind, verdienen, aufser dem schon angeführten über die Konstanz der Temperatur des schmelzenden Eises, nur die über das Licht einige Erwähnung. Sie bezweckten zunächst die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts zu messen.

Galilei hatte zu diesem Behuf vorgeschlagen, es möchten sich zwei Beobachter in einer gewissen Entfernung von einander aufstellen, beide versehen mit Lichtern oder Lampen, die durch einen Schieber verdeckt und aufgedeckt werden können. Beide sollten anfänglich die Lampen verdecken, hierauf der Eine zu einem festgesetzten Moment den Schieber seiner Lampe fortziehen,

und der Andere an seiner Lampe die Operation wiederholen, sobald er das Licht der ersten erblickt. Dann wäre das Intervall zwischen dem Moment, wo der erste Beobachter seine Lampe aufdeckte und dem, wo er das Licht des Anderen erblickte, die Zeit, welche das Licht gebrauchte, um die doppelte Entfernung der Beobachter zu durchlaufen.

Die Akademiker führten diesen im Princip ganz richtigen Vorschlag für einen Abstand von einer Miglie zwischen den beiden Beobachtern aus, allein ohne Erfolg; wie wir jetzt wissen aus dem sehr natürlichen Grunde, weil die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Lichts viel, viel zu groſs ist, als daſs wir dieselbe für irgend eine auf der Erde mögliche Entfernung messen könnten selbst durch die schärfsten Mittel, geschweige denn durch ein so rohes Verfahren, wie das eben genannte.

Endlich finden sich in diesem Kapitel noch einige Beobachtungen über die Wirkung der Brennspiegel und über die Phosphorescenz.

Von den Brennspiegeln bemerken die Akademiker, daſs man mittelst derselben zwar das weiſseste holländische Papier und Leinen verbrennen könne, daſs sich aber doch weiſse und farblose Körper im Allgemeinen viel schwerer entzünden lassen, als gefärbte und dunkle, und daſs Weingeist gar nicht zu entzünden sei. Was endlich die Phosphorescenz betrifft, so beschränkte sich ihre Angabe darauf, daſs Zucker oder Steinsalz im Dunkeln beim Zerstoſsen oder Reiben ein helles Licht entwickeln, daſs aber anderen Körpern wie Bernstein, Alaun, Salpeter u. s. w. diese Eigenschaft abgeht.

Phosphorescenz.

178. Ob obige grade die ersten Beobachtungen dieser Art von Phosphorescenz seien, muſs ich dahin gestellt sein lassen, aber soviel ist gewiſs, daſs andere Klassen von Phosphorescenzen schon längst bekannt waren. So kannten **Aristoteles** und **Plinius** das Leuchten lebender Geschöpfe und faulender Substanzen, wie das Leuchten

der See, der Pholaden, gewisser Fische und Insekten, welche beide Arten von Phosphorescenzen an **Thomas Bartholin** im XVII. Jahrhundert zum Theil schon vor der Acc. del Cimento einen genauen Beobachter fanden, wie sein Werk: *De luce animalium, Hafn. 1669* bekundet[1]).

Aber auch die dem Physiker näher liegende Phosphorescenz durch Insolation oder Bestrahlung war um diese Zeit schon bekannt. So spricht **Plinius**, freilich in etwas fabelhafter Weise von leuchtenden Edelsteinen, Carbunculus, Chrysolampis, Selenites, und wenn diese Angaben auch für uns unverständlich bleiben, weil wir nicht wissen, was für Steine mit diesen Namen gemeint sind, so ist doch sicher, dafs **Albrecht v. Bollstädt** (Albertus Magnus) schon wufste, dafs der Diamant leuchtet, wenn man ihn mäfsig erwärmt[2]).

Aber es gab um die Zeit der Acc. del Cimento noch eine viel jüngere Entdeckung in diesem Gebiet, welche in der zweiten Hälfte des XVII. Jahrhunderts viel Aufmerksamkeit erregte. Es ist die Entdeckung des bononischen oder bologneser Phosphors oder Leuchtsteins. Sie wurde zufällig gemacht von **Vincenzo Cascariolo**, einem Schuster zu Bologna, der zu **Galilei**'s Zeit lebte. Er unterwarf zum Behuf der Darstellung eines chemischen Arkanums Stücke von einem am Fufse des Berges Paterno brechenden Steine der Kalcination zwischen Kohlen, und machte nun die Beobachtung, dafs der also kalcinirte Stein im Dunkeln leuchte, wenn er vorher eine Zeit lang im Licht gelegen habe.

Die Entdeckung dieses Leuchtsteins wird gewöhnlich in das J. 1630 verlegt, wiewohl Einige z. B. **Heinrich** sie schon in die Jahre 1602 bis 1604 versetzen. **Jul. Caesar La Galla** erwähnt den bononischen Stein schon in seinen *De phaenomenis in Orbe Lunae, Venet. 1612*, und sagt daselbst, **Galilei** habe in einem Gespräch mit ihm Zweifel über die unkörperliche Qualität des Lichts geäufsert, und

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 115.

[2]) Placid. Heinrich, Die Phosphorescenz der Körper S. 9.

sich dabei auf die Eigenschaften des bologneser Steins berufen. Die Entdeckung desselben erregte, wie schon gesagt, im weiteren Verlauf des XVII. Jahrhunderts viel Aufmerksamkeit. Ein gewisser **Fortunio Liceti** gab darüber eine eigene Schrift heraus: *Litheophosphorus s. de lapide bononiensi in tenebris lucente, Utini 1640,* und Pater **Kircher** handelt in seiner *Ars magna lucis et umbrae* auch weitläufig davon.

Sie weckte aber auch mehrfach das Streben zu ähnlichen Entdeckungen, so dafs **Heinrich**, ein neuerer Physiker gar meint, man könne die zweite Hälfte des XVII. Jahrhunderts billigerweise die phosphorische Epoche der Naturlehre nennen. Dagegen möchte sich wohl einwenden lassen, dafs die Physik jener Epoche mit ganz anderem Lichte geglänzt habe, als mit dem schwachen Schein jener künstlichen Phosphore, aber wahr ist es, dafs im Laufe des XVII. Jahrhunderts mehrere Substanzen entdeckt wurden, die, wie der bononische Stein, die Fähigkeit haben nach Bestrahlung durch Licht im Dunkeln zu leuchten, ohne dafs dieses Leuchten durch einen Verbrennungsprocefs bewirkt wird.

Der bononische Stein ist, wie wir jetzt wissen, Schwefelbaryum, entstanden aus der Reduktion des Schwerspaths durch Kohle. Ihm folgte der Balduin'sche Phosphor, entdeckt 1675 von **Christoph Adolph Balduin**, Amtmann zu Grofsenhain in Sachsen. Sein Präparat war muthmafslich basisch salpetersaure Kalkerde. Dann kam der Homberg'sche, basisches Chlorcalcium, entdeckt 1693 von **Homberg**, und endlich der Canton'sche, entdeckt 1768 vom Engländer **Canton** und seiner Zusammensetzung nach Schwefelcalcium.

Zwischen die Zeiten der Entdeckung aller dieser Phosphore oder Lichtsauger fällt die Entdeckung des Körpers, den man jetzt vorzugsweise Phosphor nennt, und ehemals Harn- oder Urinphosphor nannte, durch den zurückgekommenen hamburger Kaufmann **Brand** im J. 1669, nach **Leibnitz** 1677.

Wärmekapacität.

179. Mit dieser Digression in die frühere Geschichte der Phosphorescenz würde ich füglich den Abrifs der Leistungen unserer Akademie schliefsen können, da ich den Hauptinhalt ihrer Saggi ziemlich vollständig aus einander gesetzt habe, wenn nicht ein mit der neuen Auflage dieses Werks veröffentlichter Auszug aus den Tagebüchern der Akademie mir noch Gelegenheit zu einem kleinen Nachtrag gäbe. Aus diesen Auszügen ersieht man, dafs das in den Saggi Veröffentlichte nur eine Auswahl der von den Akademikern angestellten Versuche enthält, und dafs sie aufser diesen noch eine sehr grofse Anzahl anderer, freilich meistens über dieselben Gegenstände unternahmen, die sie wohl noch nicht reif hielten für die Bekanntmachung.

Unter diesen sind einige, aus welchen hervorgeht, dafs die Akademiker sowohl von der Wärmeleitung als von der Wärmekapacität oder specifischen Wärme einige Kenntnifs hatten. Was namentlich die letztere betrifft, die in den Tagebüchern sogar mit dem Namen Kapacität belegt wird, so beobachteten sie darüber folgende Erscheinungen:

Sie machten sich, was wir hier zum ersten Male erfahren, ein Quecksilberthermometer und ein Wasserthermometer von gleicher Gröfse, wie ihre gewöhnlichen Weingeistthermometer, und stellten beide in eine beträchtliche Masse kalter oder warmer Flüssigkeiten. Da sahen sie denn das Quecksilberthermometer rascher fallen oder steigen als das Wasserthermometer, obwohl der Betrag des Fallens oder Steigens bei ihm kleiner war als bei letzterem.

Die zweite Erscheinung ist diese: Sie gossen gleiche Massen verschiedener Flüssigkeiten, die bis zu gleichem Grade erwärmt waren, auf Eis, und da beobachteten sie, dafs die Menge des geschmolzenen Eises nach der Natur der Flüssigkeit sehr verschieden war.

Kapillarität.

180. Die Saggi der Acc. del Cimento umfassen nicht die ganze Thätigkeit der Mitglieder dieser Körperschaft, vielmehr gaben einige der Mitglieder sowohl wie der Korrespondenten der Akademie anderweitige physikalische Schriften heraus, mit denen wir uns auch bekannt machen müssen, um ihre Verdienste um die Fortbildung der Wissenschaft vollständig zu würdigen. Unter diesen Arbeiten will ich nur die über Kapillarität und verwandte Gegenstände etwas näher betrachten, um die bereits früher angedeutete Geschichte derselben zu ergänzen.

Wer eigentlich die Erscheinungen der Kapillar-Attraktion zuerst beobachtet und beachtet hat, namentlich das Aufsteigen der Flüssigkeiten in sehr engen Röhren, den sogen. Haarröhrchen, ist nicht mit voller Gewifsheit anzugeben. **Pascal** kannte die letztere Erscheinung noch nicht, wie deutlich aus einer Aeufserung in seinem *Traité de l'équilibre dès liquides* hervorgeht, wo er sagt, homogene Flüssigkeiten setzten sich in kommunicirenden Röhren immer ins Gleichgewicht, wie auch der Durchmesser dieser Röhren beschaffen sei [1]). Dieser *Traité* erschien 1663 nach Pascal's Tode, und scheint der Herausgeber ebensowenig Kenntnifs von anderweitigen Arbeiten über die Kapillarität gehabt zu haben, denn er schreibt die Entdeckung des Ansteigens der Flüssigkeiten in Haarröhrchen einem Jesuiten **Joh. Rho** aus Mailand zu, der 1662 zu Rom starb. Dafs dieser aber nicht der erste Entdecker ist, läfst sich verbürgen. Viel früher als er hat **Aggiunti** die Erscheinung beobachtet, der aber nicht Mitglied der Acc. del Cim. war, sondern schon lange vor deren Stiftung im J. 1635 als Professor der Mathematik in Pisa starb (§ 163).

Aber auch **Aggiunti** hätte hier nicht die Priorität, wenn es wahr ist, was wir übrigens nicht zu bezweifeln Ursache haben, dafs schon **Leonardo da Vinci** die hierher

---

[1]) Libri, Hist. etc. II, 249; Busch, Handb. d. Erfindungen VI, 7.

gehörige Beobachtung machte. **Libri**[1]) beruft sich dieserhalb auf die in Paris aufbewahrten Manuskripte des grofsen Malers, die ich leider nicht einsehen konnte, um zu beurtheilen, wie weit eigentlich die Beobachtung desselben reichte.

Wenn indefs die Kapillarwirkung enger Röhren im Allgemeinen schon zu Anfang des XVI. Jahrhunderts einzelnen Physikern in Italien bekannt war, so ist doch gewifs, dafs die Erscheinung erst um die Mitte des XVII. Jahrhunderts genauer untersucht wurde. Hier ist vor Allem **Borelli** zu nennen, der in seinem Werke: *De vi repercussionis et motionibus naturalibus a gravitate pendentibus* u. A. auch die Kapillarwirkungen in Betracht zieht. Das Werk ist zwar erst 1670 zu Reggio erschienen, nach des Verfassers eigener Angabe sind aber die darin beschriebenen Versuche schon 1655 angestellt. Dies ist nicht in Zweifel zu ziehen, da wir wissen, dafs das Werk bereits zu den Lebzeiten der Acc. del Cim. vollendet war, und **Borelli** grade darum mit dem Fürsten Leopold zerfiel, dafs er es nicht, wie dieser wünschte, den Saggi einverleiben wollte. Auch hat **Borelli** ja an den Versuchen theilgenommen, wodurch die Akademiker bewiesen, dafs nicht der Luftdruck die Ursache der Kapillarität sei.

In jenem Werke finden sich manche bemerkenswerthe Beobachtungen:

1) dafs das Ansteigen von Flüssigkeiten, namentlich Wasser, in Haarröhrchen schneller und höher geschehe, wenn die Röhre feucht ist;

2) dafs die Flüssigkeit auch in dem Röhrchen hängen bleibt, wenn man es ganz aus der Flüssigkeit herauszieht; dafs die so getragene Flüssigkeitssäule ebenso lang ist, wie wenn das Röhrchen die Flüssigkeit berührt; dafs sich an der herausgezogenen Röhre unten ein Tropfen bildet, wenn die Säule in der Röhre länger ist als die, welche, wie in

---

1) Hist. des sciences math. en Italie III, 54.

dem zuvor genannten Fall, durch freiwilliges Erheben entsteht; dafs man den Tropfen fortnehmen könne, ohne die Länge der Säule zu ändern, und endlich dafs, wenn die Säule kürzer ist als jene des Ansteigens, und man einen Tropfen unten an die Röhre bringt, dieser hineingezogen wird. — Aus dem Allen schlofs **Borelli**, dafs die Kapillar-Erscheinungen nicht vom Luftdruck bedingt werden.

3) Als **Borelli** ferner untersuchte, wie stark sich ein und dieselbe Flüssigkeit in Röhren von verschiedener Weite erhebe, fand er das Gesetz, dafs sich die Höhen des Ansteigens umgekehrt verhalten wie die Durchmesser der Röhren, oder dafs $h : h' = d' : d$, wenn h und h' die Höhen und d, d' die entsprechenden Durchmesser sind.

4) **Gilbert's** oder eigentlich **Norman's** Beobachtung, dafs Stahl- oder Eisennadeln vorsichtig auf Wasser gelegt, darauf schwimmen bleiben, veranlafste **Borelli** diesen Erscheinungen weiter nachzugehen. Er verschaffte sich zwei kleine Messingplatten, die mit Stielen versehen waren. Diese legte er vorsichtig auf Wasser, wo sie schwimmen blieben. Darauf näherte er sie mittelst der Stiele einander, und da sah er denn, dafs sie innerhalb eines gewissen Abstandes einander anzogen; auch beobachtete er, dafs das Wasser zwischen beiden Platten einen Berg bildete, und dafs überhaupt die Platten sich in dasselbe senkten, oder das Wasser gegen sie eine konvexe Oberfläche bildete.

Denselben Versuch wiederholte er mit zwei ähnlichen Holzplatten, und beobachtete, dafs das Wasser rings um dieselben eine konkave Oberfläche bildete, dafs demzufolge, wenn er die Platten hinreichend nahe brachte, zwischen beiden eine Vertiefung entstand, aber auch in diesem Fall eine gegenseitige Anziehung der Platten erfolgte.

Nun nahm er eine Messing- und eine Holzplatte, und brachte sie mittelst der Stiele ziemlich nahe aneinander. Da sah er dann, dafs die Flüssigkeit zwischen beiden eine konvex-konkave Gestalt besafs, und dafs, wenn er die Stiele losliefs, eine Abstofsung zwischen den Platten erfolgte.

Diese Versuche waren es namentlich, die **Borelli** 1655 dem Grofsherzog Ferdinand II. und dem Fürsten Leopold zeigte und verschiedentlich modificirte. So u. A. nahm er statt der Messingplatten zwei Glasplatten und beobachtete dabei, dafs, nachdem sie miteinander in Berührung gekommen waren und er alsdann die eine heraus hob, die andere daran hängen blieb und daran herabrutschte ohne abzufallen, wenn er jene neigte. **Borelli** gab sich viel Mühe den Grund dieser Erscheinung aufzufinden, aber dies gelang ihm ebenso wenig als er zu erklären vermochte, weshalb zwei Quecksilberkügelchen, die zur gegenseitigen Berührung gebracht sind, zu einem einzigen Kügelchen zusammenfliefsen [1]). Ueberhaupt war **Borelli** in der Theorie der Kapillar-Phänomene nicht glücklich. Das einzige Richtige darin ist, was er schon experimentell darthat, dafs diese Erscheinungen nicht vom Luftdruck bedingt werden.

181. Aufser **Borelli** beschäftigten sich noch mehrere Physiker jener Zeit mit den Kapillarvorgängen, so z. B. **Honoré Fabri, Isaac Vofs, Robert Boyle** und **Montanari**, im Ganzen aber haben diese den von **Borelli** gemachten Beobachtungen wenig Neues hinzugefügt. Was **Fabri** betrifft, den wir schon früher kennen gelernt haben (§ 165), so spricht er von der Kapillarität in seiner *Physica in decem tractatus distributa, Lugd. 1669.* Er ist noch der Meinung, dafs sie eine Wirkung des Luftdrucks sei, und die einzig beachtenswerthe Beobachtung von ihm wäre, wenn er sie wirklich zuerst gemacht hat, dafs das Wasser niemals oben zu einem Haarröhrchen herausfliefst, eine Thatsache, die später noch oft übersehen ist.

Von dem Holländer **Isaac Vofs (Vossius)**, den ich bereits bei den optischen Arbeiten von **Descartes** erwähnte (§ 139), wäre blofs anzuführen, dafs er die Depression des Quecksilbers in Haarröhrchen kannte. Sonst enthält seine Arbeit nichts Neues, denn seine Erklärungen der Kapillar-Erscheinungen durch die Viskosität der Flüssigkeiten kann

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. I, 319, 320.

wohl nicht dafür angesehen werden. Seine hierher gehörigen Beobachtungen hat er angegeben in dem Werk: *De Nili aliorumque fluminum origine, Hagae 1666.*

Was **Robert Boyle** betrifft, so werde ich später noch auf ihn zurückkommen, es bliebe mir hier also nur noch **Montanari** zu betrachten übrig, dessen ich schon früher als Begleiter von **Paolo del Buono** und als Korrespondent der Acc. del Cimento ehrenvoll gedachte (§ 160, 164).

Geminiano Montanari wurde 1633 zu Modena geboren, wo er auch seine Bildung erhielt. Er muſs wohl nicht ohne Vermögen gewesen sein, denn nachdem er mit **P. d. Buono** die Reisen in Oesterreich gemacht hatte, sehen wir ihn längere Zeit in Florenz als Privatmann den Wissenschaften leben, und erst 1661 nahm er von Alfons IV., Herzog von Modena, den Titel eines Hof-Philosophen und Hof-Mathematikers an. Nach dem noch in demselben Jahre erfolgten Tode dieses Protektors lebte **Montanari** einige Jahre beim Grafen **Cornelio Malvasia**, einem bologneser Senator und Beförderer der Astronomie, dem die Italiener wohl die Erfindung des Mikrometers zuschreiben, da er zur Messung kleiner Abstände zwischen den Himmelskörpern ein Gitter von Silberdraht in seinem Fernrohr ausgespannt hatte, wie aus seinen im J. 1662 gedruckten Ephemeriden hervorgeht [1]).

Als auch **Malvasia** starb, nahm **Montanari** im J. 1664 die Professur der Mathematik in Bologna an, die er 14 Jahre mit Auszeichnung verwaltete und dann mit einer ähnlichen in Padua vertauschte, wo er 1687 starb.

Montanari hat eine beträchtliche Anzahl physikalischer Schriften verfaſst, die sich alle durch Form und Inhalt sehr auszeichnen. Diejenige, welche mich hier zunächst veranlaſst seiner zu gedenken, führt den Titel: *Pensiere fisiche e matematiche,* und ist zu Bologna 1667 erschienen. **Montanari** behandelt darin die Kapillar-Erscheinungen in ziemlich ähnlicher Art wie **Borelli**, den er auffallender

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 100.

Weise nicht erwähnt, obwohl er andererseits **Fabri**, **Boyle** und **Grimaldi** citirt; er mufs auch **Borelli**'s Versuche gekannt haben, wenn dessen Werk, wie angegeben, auch erst später 1670 erschien.

Glasthränen.

182. Ein anderer Gegenstand der Untersuchungen **Montanari**'s waren die wunderbaren Eigenschaften der damals noch neuen Glastropfen, über welche er im J. 1670 eine kleine Schrift: *Speculazioni fisiche sopra gli effetti dei vetri temperati* herausgab.

Bekanntlich bilden sich die sogen. Glastropfen oder Glasthränen, Lacrymae vitreae, wenn man flüssiges Glas tropfenweise in kaltes Wasser fallen läfst. Das schnell erkaltende Glas gesteht dann zu birnförmigen an einem Ende zugespitzten Gestalten, welche die in der That sehr auffallende Eigenschaft besitzen, dafs sie auf dem bauchigen Theil beträchtlich starke Hammerschläge ohne Schaden aushalten, dagegen augenblicklich in Staub zerfallen, sobald vom Stiel die Spitze abgebrochen wird. Etwas verschieden von den Glasthränen sind die Glaswürmer, vermiculi vitrei, welche entstehen, wenn man geschmolzenes Glas fadenartig in kaltes Wasser fliefsen läfst, wobei es von selbst eine spiralförmige Windung annimmt. Auch diese Würmer zerspringen in Staub, wenn man die Spitze von ihnen abbricht.

Wer die Entdeckung der Glasthränen und Glaswürmer gemacht hat, ist nicht bekannt. Aller Wahrscheinlichkeit nach war sie eine Sache des Zufalls, und die Erscheinung vermuthlich in mancher Glashütte längst bekannt, ehe sie die Aufmerksamkeit der Physiker auf sich zog. Nach dem Zeugnifs des Subrektor **Schulenburg** an der Domschule in Bremen wären die Glasthränen schon ums J. 1625 auf mecklenburgischen Glashütten bekannt gewesen, und wie **Samuel Reyher**, Professor zu Kiel versichert, hätte auch schon ein Glasermeister zu Hamburg im J. 1637 solche Glasthränen besessen. Indefs sah **Reyher** selbst die

ersten Glasthränen im J. 1656 zu Leyden, und in demselben Jahre wurden zu Paris von mehreren Gelehrten, **Gassendi**, **Monconys** u. A. Versuche mit solchen Thränen angestellt, die ebenfalls aus Holland stammten [1].

Es scheint demnach, dafs wenn auch die Glasthränen schon früher in Deutschland einzelnen Leuten des Gewerbestandes bekannt waren, sie doch von Holland aus zuerst in die physikalische Welt übergingen. Daher kommt es, dafs sie früher mehr als jetzt batavische Glastropfen genannt wurden. In Holland lernte sie auch der Prinz Ruprecht kennen. Dieser, der dritte Sohn des Kurfürsten Friedrich V. von der Pfalz und der Elisabeth, Tochter Jakob's I. von England, brachte sie 1661 zuerst nach England, und dies gab Veranlassung, dafs man sie dort Prinz Ruprecht's Tropfen nannte. Der König Carl II. übergab die Glasthränen den Mitgliedern des Gresham College zur Untersuchung, welche diese auch recht umsichtig ausführten. Die Versuche, welche so ziemlich Alles enthalten, was wir heute von den Eigenschaften der Glasthränen wissen, wurden 1661 von **Robert Moray** beschrieben [2]).

Montanari's Schrift hat dem experimentellen Theile dieser Untersuchung nichts von Bedeutung hinzugefügt, sondern denselben nur bestätigt; ihm gebührt aber wohl das Verdienst, wenn auch nicht gerade wie **Hobbes** zuerst, eingesehen zu haben, dafs die auffallenden Eigenschaften dieser Glaskörper von einer starken Spannung der äufseren Glasschicht herrühren. Die Glasthränen sind übrigens sowohl von gleichzeitigen als späteren Physikern vielfach in Untersuchung genommen, von **Redi**, **Hobbes**, **Hooke**, **Maignan**, **Bosc d'Antic**, **Sturm** u. s. w., ohne unsere Kenntnifs über dieselben wesentlich vermehrt zu haben.

Sehr verwandt den Glasthränen sind die Springkolben oder bologneser Fläschchen. Es sind dies kleine Kolben aus weifsem oder grünem Glase und zwar von

---

[1]) Busch, Handb. d. Erfind. V, 256.
[2]) Busch, Handb. V, 258; Fischer, Gesch. I, 288.

dicken Wänden, die rasch an der Luft abgekühlt worden sind, aber so, dafs sie innen rascher erkalten als aufsen. Dadurch wird ihre innere Oberfläche in eine starke Spannung versetzt, und in Folge defs zeigen sie die auffallende Eigenschaft, dafs sie von aufsen einen ziemlich starken Schlag ohne Nachtheil aushalten, dagegen aber sogleich in tausend Stücke zerspringen, sobald man einen spitzen Körper z. B. einen kleinen Feuerstein hineinwirft, der im Stande ist die innere Oberfläche zu ritzen.

Diese Springkolben sind wohl neueren Ursprungs und unstreitig zuerst auf den Glashütten in der Nähe Bologna's angefertigt. Die Physiker lernten sie erst 1740 kennen durch **Paolo Bapt. Balbi**, Professor der Physik zu Bologna (gest. 1770), der sie in den Schriften des Bologneser Instituts beschrieb.[1])

Sprachrohr.

183. Ein anderer Gegenstand, über den mich zu verbreiten ich hier noch Anlafs habe, weil auch mit ihm sich **Montanari** beschäftigte, ist das Sprachrohr. **Montanari** hat darüber eine Schrift verfafst betitelt: *Discorso sopra la Tromba parlante*, *opus posth. 1715.* Ich kenne von dieser Schrift nur eben den Titel, kann also nicht sagen in wie weit der Inhalt dem Titel entspricht, allein ich mufs hinzufügen, dafs zu **Montanari**'s Zeiten das Sprachrohr in seiner jetzigen Gestalt bereits erfunden war.

Einige Schriftsteller wollen dieser Erfindung ein ziemlich hohes Alter geben. Einige schreiben sie dem **Porta** zu, jedoch mit Unrecht, denn das Rohr, von dem dieser in seiner Magia nat. redet, war kein Sprachrohr, sondern ein Hörrohr. Der Pater **Kircher** ist noch weiter gegangen. Während er in seinen früheren Schriften *Ars magna lucis* etc. und *Musurgia universalis 1650* auch nur von Hörrohren spricht, da dieselben zugleich an den Mund des Redenden und an das Ohr des Hörenden gesetzt wurden, behauptet

[1]) Busch, Handb. II, 122.

er in einer späteren Ausgabe von 1671 des ersteren Werks, er habe aus einer Handschrift des **Aristoteles**: *De secretis ad Alexandrum Magn.* ersehen, dafs sich schon Alexander d. Gr. eines Sprachrohrs bedient habe, um sein Heer aus der Ferne zu kommandiren.

Er giebt sogar eine Abbildung von diesem Horn und sagt, es habe auf eine Entfernung von 100 Stadien d. i. 2¼ deutsche Meilen verständlich machen können. Diese Angabe **Kircher's** hat später zu manchen gelehrten Diskussionen Anlafs gegeben; Einige sind ihr beigepflichtet, Andere haben sie geradezu verworfen. Allerdings ist **Kircher** kein zuverlässiger Schriftsteller, aber ganz aus der Luft gegriffen hat er hier doch auch nicht; das Werk, woraus er geschöpft haben will, existirt wirklich, es ist aus dem Arabischen ins Lateinische übersetzt, und 1516 zu Bologna gedruckt worden.[1]) Ein glaubwürdiger Schriftsteller **Morhof**, der gegen Ende des XVII. Jahrhunderts lebte, hat es gesehn, und sogar einen mit **Kircher's** Angabe ziemlich gleichlautenden Auszug daraus mitgetheilt. Nur stammt jenes Werk allerdings nicht von **Aristoteles** dem Stagiriten, sondern entweder von einem späteren Griechen gleichen Namens, oder ist ein jenem untergeschobenes. Auch ist, was wohl zu merken, gar nicht erwiesen, dafs jenes Rohr zum Sprechen in die Ferne diente, und wenn Alexander d. Gr. wirklich dasselbe gebrauchte, was auch noch zweifelhaft ist, so kann es ebensowohl benutzt sein unartikulirte Signale zu geben, denn dazu gebrauchte man erwiesenermafsen vielfach im Alterthum Instrumente, wie wir dergleichen noch gegenwärtig bei den Wilden Amerikas finden.

Ein Rohr von der Form und den Dimensionen, wie das von **Kircher** abgebildete (es hat am einen Ende eine Breite von ½ Fufs, am andern von 2 Fufs), kann zum Sprechen in die Ferne nicht angewandt werden. Dennoch hat **Gottfried Huth**, weil. Prof. der Physik an der aufge-

[1]) Fischer, Geschichte d. Phys. I, 99.

hobenen Universität zu Frankfurt a. d. O. im J. 1796 ein solches aus Blech anfertigen lassen, und konnte sich damit wirklich auf 1500 Schritt verständlich machen, allein es wich doch einigermaſsen in der Form von dem **Kircher**'schen ab, und für den Gebrauch des angeblichen alexandrinischen erweist es doch nichts.

Mit Sicherheit läſst sich die Erfindung des Sprachrohrs nicht weiter zurückführen als bis zu dem Engländer **Samuel Moreland**, der dasselbe im J. 1670, also noch zu **Montanari**'s Lebzeiten, beschrieb in seiner *Description of the tuba stentorophonica, Lond. 1671.* Er verfertigte es anfangs aus Glas, später von Kupfer, ganz in der konischen Form, die man nach mancherlei Abänderungen noch jetzt für die beste hält, und stellte damit in Gegenwart des Königs Carl II. und des Prinzen Ruprecht viele Versuche an. **Kircher** schreibt die Erfindung in dieser Form einem gewissen **Soland** zu, der sie schon 1654 gemacht haben soll, aber diese Nachricht ist nicht anderweitig verbürgt [1]).

Von **Musschenbroek** wird übrigens dem soeben erwähnten **Moreland**, auf den wir später noch einmal zurückkommen, auch die Erfindung des schiefen oder schrägen Barometers (Diagonalbarometer) zugeschrieben, einer zwar sinnreichen, aber gegenwärtig mit Recht auſser Gebrauch gekommenen Abänderung des Barometers, die den Zweck hat, die Veränderungen des Quecksilbers sichtbarer zu machen, und zu dem Ende ein im oberen Theil schräg aufsteigendes Rohr hat. **Moreland**'s Autorschaft in diesem Falle ist indeſs zweifelhaft; **Derham**, der es in den *Phil. Transact.* für 1698 beschreibt, sagt nur, daſs er die Einrichtung von einem Freunde habe [2]).

Nach **Leupold** [3]) hätte der Italiener **Bernadino Ramazzini**, ein zu seiner Zeit sehr berühmter Arzt, Anspruch

---

1) Edinburgh Encyclopaedie I, 113.
2) Edinb. Encyclop. III, 293.
3) Gilb. Ann. II, 334.

auf diese Erfindung, und dieselbe in den *Ephemerides barometricae Mutini* beschrieben und abgebildet. Ich muſs dies dahin gestellt sein lassen, aber möglicherweise könnte diese Angabe wohl richtig sein, denn **Ramazzini** (geb. 1633 zu Carpi, gest. 1714 als Prof. der Medicin zu Modena) war ein in der Physik wohl bewanderter Mann [1]). Ihm verdanken wir die ersten Nachrichten über die sogenannten artesischen Brunnen, die lange, ehe sie in die Grafschaft Artois eingeführt wurden, im Modenesischen üblich waren.

Zweite oder Newton'sche Periode.

184. In dem Vorangehenden haben wir von dem Moment an, wo **Galilei** den Schauplatz der Wissenschaft betrat und eine neue Aera für dieselbe begründete, bis zu der Epoche des Untergangs der Accademia del Cimento, also innerhalb eines Zeitraums von etwa 80 Jahren, den Entwicklungsgang der neueren Physik so vollständig verfolgt, als es die Kürze der auf diese Vorlesungen verwendbaren Zeit erlaubte.

Mit dem Untergang der florentiner Akademie hat auch die Glanzepoche Italiens in den physikalischen Wissenschaften ihr Ende erreicht. Zwar sehen wir in der Folgezeit noch immer einzelne sehr ausgezeichnete Männer dieses Landes das Gebiet der Physik nach verschiedenen Richtungen hin erweitern, ja wir finden sogar, daſs Italien zur Zeit, als es seine thätige Akademie eingehen lieſs, Frankreich mit Gelehrten versah, und somit gegen dieses Land eine ähnliche Rolle spielte, wie Frankreich in der Mitte des XVIII. Jahrhunderts gegen Deutschland übernahm, und dieses späterhin bis auf den heutigen Tag in noch gröſserem Maſsstab gegen Ruſsland.

Allein jene Auswanderung aus Italien ist nicht Folge einer Uebervölkerung in den geistigen Regionen, wie es

---

[1]) Tiraboschi, Storia della lett. ital. VIII, 483.

wohl bei uns in Bezug auf Rufsland der Fall sein mag, sie war vielmehr die Folge des Drucks und der Hemmnisse, mit denen dort jede freie geistige Entwicklung zu kämpfen hatte. Mag auch noch hie und da ein Talent auftauchen, das goldene Zeitalter Italiens ist nun doch für die Wissenschaften vorüber, wie es für Kunst und Poesie schon früher abgeblüht war. Es traten nun andere Nationen auf den Schauplatz, und verdunkelten den Ruhm des Mutterlandes der europäischen Civilisation, indem sie in dessen Fufstapfen traten.

Von nun an sind es vorzugsweise, und bis in die neueste Zeit hinein, fast ausschliefslich Engländer und Franzosen, welche sich der physikalischen Wissenschaften bemächtigen, und was man ohne Ungerechtigkeit gegen unsere und die übrigen Nationen germanischen Ursprungs bekennen kann, welche bei Weitem das Meiste zu deren Fortschritten beigetragen haben. Von England und Frankreich hat sich auch Deutschland überflügeln lassen, das im XVI. Jahrhundert und in den ersten Decennien des XVII. Jahrhunderts auf gleicher Stufe mit ihnen stand, ja durch Kopernikus und Keppler's Ruhm getragen, wohl den Vorrang behauptete. Von der Mitte des XVII. Jahrhunderts an hindurch durch das ganze XVIII. Jahrhundert nimmt es aber nur eine untergeordnete Stellung ein, und obgleich es in Aneignung der Kenntnisse des Auslandes nie zurückgeblieben ist, obgleich es im Felde der Astronomie und Chemie seine unverdrossenen Arbeiter aufzuweisen hat, so unterliegt es doch dem Vorwurf, die eigentliche Physik sehr vernachlässigt zu haben.

Deutschland hat während dieses ganzen Zeitraumes im Grunde nicht mehr, und nicht einmal so viel, zu den Fortschritten der Wissenschaft beigesteuert als das kleine Holland und Dänemark, oder das menschenarme Schweden. Erst in den neuesten Zeiten haben sich bei uns in dieser Beziehung die Verhältnisse günstiger gestaltet, und wenn wir aus mehreren erfreulichen Symptomen, aus der wachsenden Zahl derer, welche die Wissenschaft kultiviren, aus

dem erhöhten Streben die Natur nicht bloſs aus Büchern, sondern an der Urquelle selbst zu studiren, wenn wir daraus einen Schluſs auf die Zukunft ziehen dürfen, so geht die Physik bei uns noch ihrem Kulminationspunkt entgegen.

Leopoldinische Akademie.

185. Wer mit der allgemeinen Geschichte Deutschlands in diesem Zeitraume auch nur ein wenig vertraut ist, wird diese geringe Leistungsfähigkeit erklärlich finden, und von vornherein nicht viel erwarten. Eben war der dreiſsigjährige Krieg beendet, und welche tiefe Wunden er dem gesammten Vaterlande geschlagen hat, ist nur zu wohl bekannt; wo hätten nach so grausender Verheerung des Landes, nach Entvölkerung und Verarmung so vieler Städte, die Wissenschaften einen empfänglichen Sinn und eine kräftige Unterstützung finden sollen! Und doch — fast möchte man es ein Wunder nennen — schon vier Jahre nach dem westphälischen Frieden zeigten sich Spuren davon.

Im J. 1652, also zu einer Zeit, als noch weder an die Accademia del Cimento, noch an die Akademie zu Paris oder an die Royal Society in London gedacht wurde, trat in der kleinen am Main gelegenen Stadt Schweinfurt eine Gesellschaft zusammen mit dem Zweck, sich über medicinische, naturhistorische und physikalische Gegenstände zu unterhalten. Der kenntniſsreiche Bürgermeister und Stadtphysikus von Schweinfurt **Joh. Lorenz Bausch** (geb. 1605, gest. 1665) war der Stifter dieser ersten naturforschenden Gesellschaft Deutschlands. Eine geraume Zeit bewahrte diese Gesellschaft den Charakter eines Privatvereins, aber mit dem J. 1670 fing sie an Schriften herauszugeben, und zwei Jahre später, also 1672, wurde sie von dem Kaiser Leopold zur Akademie erhoben, und bekam dabei den Namen *Academia caesareo-Leopoldina naturae curiosorum.*

Der Idee nach sollte diese Akademie eine allgemeine für ganz Deutschland sein, und da es damals an einem gemeinsamen Mittelpunkt gebrach, so wurde festgesetzt, dafs das Präsidium nicht an einen bestimmten Ort gebunden sein sollte, sondern allemal dort, wo der jedesmalige Präsident seinen Wohnsitz hätte.

Akademien und gelehrte Gesellschaften sind offenbar nur für grofse Städte geeignet, die in sich selbst einen reichen Schatz von wissenschaftlichen Hülfsmitteln darbieten, und einen zahlreichen Verein von Gelehrten einschliefsen. Wenn die Mitglieder einer Gesellschaft über eine ganze Provinz oder wohl gar über ein grofses Reich zerstreut leben, so fällt das hauptsächlichste Belebungsmittel, der persönliche Umgang und die mündliche Besprechung, entweder ganz fort oder wird doch sehr erschwert, und an ein gemeinsames Streben, an ein Zusammenwirken als Körperschaft, ist nicht füglich mehr zu denken.

Aus diesem Grunde vornehmlich ist denn auch die Leopoldinische Akademie der Naturforscher niemals zu rechter Kraft und Wirksamkeit gediehen, und vollends hat sie an Bedeutung verloren, seitdem in Berlin und München besondere Akademien für Preufsen und Bayern gegründet worden sind. Sie existirt noch gegenwärtig, aber ihre Existenz beschränkt sich lediglich darauf, dafs ab und zu aus den von der Regierung dazu angewiesenen Fonds ein Band von Abhandlungen gedruckt wird, die theils wegen ihres Inhalts, theils wegen Kostbarkeit der Kupfertafeln keinen anderweitigen Eingang in das Publikum zu finden wissen. Meist sind sie naturhistorischen Inhalts, und dasselbe gilt auch von der langen Bändereihe, welche die Akademie seit dem Jahre 1670 unter verschiedenen Titeln herausgegeben hat.

1) Miscellanea curiosa s. Ephemerides 1670 — 1706, XXX Vol.
2) Ephemerides 12 — 1722, V Vol.
3) Acta phys. med. 1722 — 1754, X Vol.

4) Nova Acta phys. med. 1754—1791, VIII Vol.
5) Verhandl. d. Leopold. Carol. Acad. d. Naturforsch., 1818—1846, XIII Vol.

Früher enthielten die Schriften neben medicinischen Abhandlungen auch eine nicht unbeträchtliche Zahl chemischer, die für die Zeit ganz schätzbar waren.

Aufser dieser korporativen Thätigkeit äufsert sich in der zweiten Hälfte des XVII. Jahrhunderts der Sinn für das physikalische Studium auch durch die Bestrebungen Einzelner, aber die Zahl derselben ist sehr gering und man mufs es gestehn, es sind sehr wenig hervorragende Männer darunter. Unter diesen nimmt offenbar **Otto v. Guericke** den ersten Platz ein, der, wiewohl er kein Physiker von Profession war, doch den entschiedensten Beruf dazu in sich trug.

Leistungen in Deutschland.

186. Otto v. Guericke ward geb. 1602 zu Magdeburg, wo schon sein Vater Johann Schultheifs und weltlicher Richter war. Der Sohn studirte anfangs die Rechte, erst auf der Universität Leipzig 1617, dann in Helmstädt 1620 und Jena 1621; hierauf besuchte er Leyden 1623, um dort Mathematik und Mechanik zu treiben, machte alsdann Reisen nach Frankreich und England, und kehrte dann in die Heimath zurück. Hier war er Zeuge der Zerstörung seiner Vaterstadt durch Tilly im J. 1631. Er hätte dabei fast sein Leben eingebüfst, und gerieth in die Gefangenschaft der Kaiserlichen, aus welcher er sich durch ein Lösegeld von 300 Rthlrn. loskaufte.

Späterhin trat er unter Wilhelm, Herzog von Sachsen-Weimar, in schwedische Dienste, und stieg bis zum Ober-Ingenieur der Festung Erfurt. Nach Auflösung dieses Verhältnisses trat er 1642 in die Dienste seiner Vaterstadt, welche ihn auch nicht lange darauf 1646 zum Bürgermeister wählte. Dieses Amt, bei welchem er sich grofse Verdienste um die Stadt erwarb, wie er sie denn im J. 1649 von einer starken Kontribution befreite, verwaltete er viele

Jahre hindurch. Aber 5 Jahre vor seinem Tode legte er es freiwillig nieder, und begab sich zu seinem Sohne nach Hamburg, wo er 1686 starb. Sein Leichnam wurde dort in der Nikolaikirche beigesetzt, später aber nach Magdeburg gebracht.

Guericke hatte ein entschiedenes Talent als Experimentator, und er stellt darin sowohl, wie überhaupt in seiner außerordentlichen Thätigkeit, für die Physik ein musterhaftes in Deutschland leider nur zu seltenes Beispiel auf. Von **Galilei's** und **Torricelli's** Arbeiten scheint er nichts gekannt zu haben, sondern durch eigenes Nachdenken auf die Erfindungen und Entdeckungen gekommen zu sein, durch welche sein Name in der Wissenschaft erhalten worden ist. Es scheinen vielmehr die Diskussionen der älteren und neueren Philosophen über die Existenz eines Vakuums es gewesen zu sein, welche ihn auf die Bahn seiner experimentellen Untersuchungen leiteten.

Um zu sehen, ob es ein Vakuum geben könne, füllte er ein Faſs gänzlich mit Wasser, kehrte es mit dem Spund nach unten, setzte dort eine Spritze ein, und versuchte nun, ob sich das Wasser würde auspumpen lassen. Er dachte sich, das Wasser würde wegen seiner Schwere dem Stempel der Spritze folgen, und dadurch über dem Stempel ein Vakuum entstehen. Allein er sah sich getäuscht! Drei Männer, die er an der Spritze arbeiten lieſs, vermochten mit vieler Anstrengung nur sehr wenig Wasser herauszupumpen, und dabei hörten sie während der ganzen Arbeit in allen Theilen des Fasses ein Singen, wie beim Sieden von Wasser in einem Kessel.

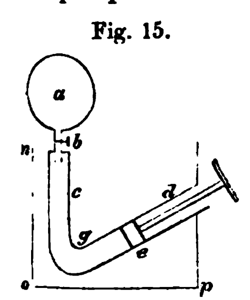
Hierdurch ward ihm klar, daſs die Luft von auſsen durch die Poren des Holzes in den etwa entstandenen leeren Raum eindringen müſste. Da er nun seine Absicht nicht erreicht sah, so modificirte er den Versuch. Er nahm ein kleines mit Wasser gefülltes Faſs, schloſs es in ein gröſseres ein, welches er ebenfalls mit Wasser füllte, und lieſs nun die Arbeit wiederholen. Allein auch diesmal schlug der Versuch fehl!

Nicht abgeschreckt hierdurch ging er zum dritten Mal ans Werk, und diesmal mit besserem Erfolg. Er liefs eine kupferne Kugel verfertigen mit einer Oeffnung, die durch einen Hahn verschlossen werden konnte. Diese füllte er nicht mit Wasser, sondern setzte unmittelbar die Spritze daran.

Als **Guericke** diesen Versuch anstellte, hatte er noch keine Idee von der Elasticität der Luft; er meinte, auch sie werde dem Stempel nur vermöge ihres Gewichts folgen, und in dieser Meinung liefs er die Oeffnung der Kugel mit der Spritze daran nach unten kehren. Indefs konnte er nun doch etwas Luft aus der Kugel herauspumpen, denn als er die Kugel, nachdem er sie verschlossen hatte, von der Spritze trennte und darauf öffnete, drang die Luft mit Zischen hinein.

187. Durch diesen Versuch gerieth **Guericke** auf den Gedanken ein eigenes Instrument verfertigen zu lassen, mit dem er die Luft auspumpen und ein Vakuum darstellen könnte. So brachte er denn im J. 1650, also 7 Jahre vor der Accademia del Cimento ein Instrument von folgender Form Fig. 15. zu Stande, das als die erste eigentliche Luftpumpe betrachtet werden mufs. Es war eine Hahnluftpumpe, der unten gebogene Stiefel *cd* von Metall, der Stempel *e* von Leder; es hatte ein Ventil *g* zum Auslassen der Luft aus dem Stiefel, und wurde beim Gebrauch ganz unter Wasser in den Behälter *nop* gesetzt, um einen sicheren Verschlufs zu erlangen. Drei Männer waren nöthig um dieses unbequeme Werkzeug zu handhaben. Sobald die Luft möglichst aus dem Glasbehälter *a* entfernt war, wurde derselbe durch den Hahn *b* geschlossen, und konnte zur bequemen Handhabung von der Pumpe abgenommen werden.

Fig. 15.



Späterhin im J. 1663 gab er dem Instrument eine vollkommenere Einrichtung. Er stellte den Stiefel vertikal,

und setzte den Stempel mit einem Hebel in Verbindung, wodurch er leichter regiert werden konnte. Die Stelle, wo der auszupumpende Ballon an den Stiefel geschraubt wurde, umgab **Guericke** mit einem Trichter, um denselben mit Wasser zu füllen, und somit einen dichten Verschlufs zu erlangen, den er auf andere Weise noch nicht zu erzielen vermochte.

Unstreitig ist **Guericke** der wahre Erfinder der Luftpumpe, und man hat daher dasselbe Recht das unvollständige Vakuum, welches sich mit diesem Instrumente darstellen läfst, das **Guericke**'sche Vakuum zu nennen, wie man das vollkommenere über dem Quecksilber im Barometer das **Torricelli**'sche Vakuum heifst. Einige Engländer pflegen wohl nach ihrem Landsmann **Boyle** das Vakuum der Luftpumpe das **Boyle**'sche Vakuum zu nennen, aber sehr mit Unrecht, denn **Boyle** hat die Luftpumpe nicht erfunden, sondern nur verbessert, und zu vielen recht geschickten Versuchen benutzt. Er selbst läfst **Guericke** alle Gerechtigkeit widerfahren, und erkennt ihm mit gebührendem Lobe die Ehre der Erfindung zu. **Boyle** lernte die Luftpumpe durch **Caspar Schott** in Würzburg kennen, einen Jesuiten, der mit **Guericke** in Briefverkehr stand, und mit dessen Erlaubnifs das neue Instrument im J. 1657 in seiner *Mechanica hydraulico-pneumatica* beschrieb.

Es kann auch **Guericke**'s Verdienst nicht schmälern, dafs man schon von Alters her Pumpen und Spritzen von kleineren und gröfseren Dimensionen hatte, und dafs es um die Mitte des XVII. Jahrhunderts, wie der eben genannte **Caspar Schott** bezeugt, dergleichen Instrumente in Deutschland gab, die das Wasser hoben oder fortspritzten. Denn alle diese Instrumente waren nur zum Pumpen von Wasser bestimmt, und überdies besafsen sie nur Ventile, keinen Hahn, den **Guericke** hier zuerst angewandt hat. Wollte man der Wasserpumpen und Spritzen wegen **Guericken** die Erfindung der Luftpumpe absprechen, so müfste man auch **Torricelli** das Barometer streitig machen, denn jede Pumpe ist, wenn man will, ein Wasserbarometer.

Guericke gebührt also unstreitig die Ehre der Erfindung des nützlichen Werkzeugs, welches wir heut zu Tage so häufig zur Verdünnung der Luft anwenden, aber er kann nur der Erfinder der Evakuationspumpe genannt werden. Die Kompressionspumpe ist viel älter, sie wurde in der Windbüchse schon 200 Jahre vor **Guericke** angewandt, und nicht ganz mit Unrecht läſst sich deren Erfindung bis in die Zeit von **Ktesibius** zurückführen (§ 3, 148).

Guericke kannte die Windbüchse und benutzte sie sogar zum Komprimiren der Luft, allein bei seinen ersten Versuchen scheint er nicht an die Wirkungen dieses Instruments gedacht zu haben; denn, wie erwähnt, bei diesen ersten Versuchen hielt er die Luft für nicht elastisch, und eben in diesem Glauben brachte er die Luftpumpe oder Spritze unten an den Ballon, damit die Luft durch ihr Gewicht nachsinke, wenn man den Stempel herabzieht. Erst später überzeugte er sich von der Elasticität der Luft durch eigends angestellte und recht zweckmäſsig ausgedachte Versuche:

1) Er verband zwei Hohlkugeln, von denen die eine lufterfüllt, die andere luftleer war, mit einem Hahn dazwischen. So bald dieser geöffnet wurde, trat die Luft auch in die leere Kugel ein, und vertheilte sich gleichmäſsig in beiden.

2) Er brachte eine lufthaltige dicht verschlossene Ochsenblase in einen Ballon, evakuirte diesen, wobei die Blase platzte.

3) Eine kupferne Kugel verband er mit einer langen Röhre, die er an der Auſsenseite seines Hauses bis ins dritte Stock führte. Als er nun dort am Ende der Röhre die Pumpe wirken lieſs, sah er die Kugel ebenso luftleer werden, wie wenn er sie unmittelbar an die Pumpe angesetzt hätte. Nachdem er sich solcher Gestalt von der Elasticität der Luft überzeugt hatte, bezeichnete er sie ganz richtig als eine Ursache der Stürme.

Bei seinen ersten Versuchen kannte auch **Guericke** das Gewicht der Luft nicht, obwohl er es, wie erwähnt

supponirte; späterhin erwies er auch dieses auf experimentellem Wege, und machte es in der Hauptsache auch ganz wie wir gegenwärtig. Er wog eine Kugel mit Luft gefüllt, pumpte sie dann leer soweit er es vermochte, und wog sie wieder; der Gewichtsunterschied war dann das Gewicht der Luft. Dasselbe Princip war schon von **Galilei** benutzt worden, allein da derselbe kein anderes Mittel zum Verdünnen der Luft kannte, als die Erwärmung, so bleibt sein Resultat natürlich noch mehr von der Wahrheit entfernt als das **Guericke**'sche.

Aus den eben angeführten und den früheren Versuchen schlofs **Guericke** ganz richtig, dafs die Luft in der Atmosphäre durch ihr eignes Gewicht zusammengedrückt werde, und dafs sie demgemäfs in der Höhe lockerer sei als unten am Boden der Erde. Er bewies dies folgendermafsen: Er nahm eine Hohlkugel so gefüllt mit Luft, wie sie es unten auf der Erde ist, und verschlofs sie durch einen Hahn. Nun brachte er sie auf einen Thurm und öffnete den Hahn, da hörte er denn sogleich einen Theil der Luft mit Zischen entweichen. Sehr richtig bemerkt er, dafs dies nicht in Folge einer Erwärmung der Luft geschehe. Er kannte sehr wohl die Ausdehnung der Luft durch Wärme und sagt ausdrücklich, man müsse bei Anstellung dieser Versuche dafür sorgen, dafs die Luft unten und oben gleich warm sei.

Ganz mit Recht bemerkt auch **Guericke**, dafs die Wägungen der Luft durch Vergleich ihres Gewichts mit dem Gewicht eines gleichen Volumens Wasser etwas sehr Relatives seien, da das Gewicht der Luft nach der Höhe des Standpunktes sehr verschieden ausfallen werde. Allein er irrte, dafs er glaubte, es seien darum die Wägungen der Luft ganz unnütz. Es war ihm nämlich noch unbekannt, dafs man bei solchen Luftwägungen den Barometerstand beobachten müsse, und dafs man, wenn dies geschehen sei, sehr gut die Wägungen aufeinander reduciren könne.

Guericke war nicht damit zufrieden sich selbst vom Dasein des Luftdrucks überzeugt zu haben, er war auch

bemüht seinen Zeitgenossen dieselbe Ueberzeugung zu verschaffen, ihnen durch recht handgreifliche Versuche die Wirkungen des Luftdrucks anschaulich zu machen, wohl nicht ohne die kleine Schwachheit sich dabei an deren Verwunderung zu ergötzen.

So evakuirte er platte parallelepipedische Glasflaschen, welche dann, wenn die Evakuation einen gewissen Grad erreicht hatte, dem äufseren Druck nicht mehr zu widerstehn vermochten, und mit lautem Geräusch eingedrückt wurden.

Ferner setzte er zwei Halbkugeln mit breiten Rändern, die mit einer Mischung aus Fett, Wachs und Terpentin bestrichen worden, aneinander, pumpte die daraus gebildete Kugel möglichst leer, befestigte sie oben an ein Stativ, und hing unten eine Schale an, in welche Gewichte gelegt werden konnten. Mehrere Centner waren nun nicht im Stande die Halbkugeln von einander zu reifsen.

Ein anderer Versuch dieser Art war folgender: In einem kupfernen Cylinder von 0,75 Ellen Durchmesser und rundlichem Boden bewegte sich luftdicht schliefsend ein Stempel, an dessen oberem Ende ein Strick war, der über eine Rolle ging, und sich dann in viele Seile zertheilte. Funfzig Personen, die an diesen Stricken zogen, waren so eben im Stande den Stempel ein wenig in die Höhe zu ziehen, und die wegen des runden Bodens des Cylinders darunter gebliebene Luft etwas zu verdünnen. Nun schraubte er an diesen Raum einen Ballon an, der zuvor luftleer gemacht und durch einen Hahn verschlossen war. Sobald **Guericke** diesen Hahn öffnete, die verdünnte Luft also in den evakuirten Ballon strömte, ging der Stempel herunter, und es wurden sämmtliche 50 Personen trotz allen Widerstrebens mit fortgezogen!

Bekannter und noch berühmter ist ein anderer Versuch geworden, den **Guericke**, wie den eben genannten im J. 1654 auf dem Reichstag zu Regensburg vor Kaiser Ferdinand III. und den versammelten Reichsfürsten anstellte, zu welchem er durch Joh. Philipp Freih. v. Schön-

born, den sehr aufgeklärten Kurfürsten von Mainz (gest. 1673) veranlaſst wurde. Es war der Versuch, wo Guericke zwei der erwähnten Halbkugeln von 0,67 Elle Durchmesser, nachdem sie aneinander gelegt und ausgepumpt worden waren, durch Pferde auseinander zu reiſsen versuchen lieſs. 16 Pferde, von denen 8 an jeder Seite angespannt waren, vermochten nur mit höchster Anstrengung die Halbkugeln von einander zu reiſsen, und als es geschah, erfolgte ein Knall wie von einem Büchsenschuſs. Dagegen fielen die Halbkugeln augenblicklich von einander, sowie er den Hahn öffnete und die Luft einströmen lieſs.

Dieser regensburger Versuch, den Guericke späterhin in noch gröſserem Maſsstab, mit Kugeln von 1 Elle Durchmesser und 24 Pferden, wiederholte, hat zwar über den Luftdruck nichts neues gelehrt, aber es war ein wohlberechneter Knall-Versuch, um Personen, die nicht ans Nachdenken über Naturerscheinungen gewöhnt waren, auf eine alltägliche Thatsache aufmerksam zu machen, die sie unter einer feineren Form geboten schwerlich beachten würden. Dadurch hat dieser Versuch in der That zur Förderung der Wissenschaft beigetragen, obwohl es von jener Zeit an bis auf den heutigen Tag einzelne Ungläubige gegeben hat, welche gegen die Lehre vom Luftdruck die einfältigsten Einwürfe vorgebracht haben; z. B. daſs der Luftdruck es nicht sein könne, der die Quecksilbersäule im Barometer halte, weil, wenn man dieses unten verschlieſse, wodurch vermeintlich der Luftdruck aufgehoben werde, das Quecksilber doch nicht falle; ferner, daſs wir Menschen ja dem Luftdruck nicht widerstehen könnten, wenn er existirte und wirklich so groſs sei, wie er angegeben wird. Schon Guericke widerlegte diesen Einwurf durch die Allseitigkeit des Drucks.

Jener regensburger Versuch hat aber auch nicht wenig dazu beigetragen, Guericke eine groſse Berühmtheit unter seinen Zeitgenossen zu verschaffen, und zum Theil ist er es noch, der Guericke's Andenken in der Wissenschaft erhalten hat. Noch jetzt heiſsen die erwähnten Halbkugeln

magdeburgische Halbkugeln, und das nicht blofs bei uns, sondern auch bei Engländern und Franzosen, in deren physikalischen Kabineten und Lehrbüchern dieselben so gut eine Stelle finden, wie in den unsrigen.

188. Auf dem Reichstag zu Regensburg lernte **Guericke** zuerst **Torricelli's** Erfindung des Barometers kennen. Er selbst hatte indefs schon für sich dieselbe Erfindung gemacht, nur hatte er nicht Quecksilber sondern Wasser in eine Röhre eingeschlossen. Man kann daher mit einigem Recht **Guericke** als den Erfinder des Wasserbarometers oder wenigstens als einen der Erfinder dieses Instruments betrachten, denn allerdings mufs zugegeben werden, dafs **Torricelli** auch schon die Idee zu demselben hatte, dafs ein gewisser **Caspar Bertus** oder **Berti** zu Rom ein solches Instrument vor **Guericke** ausführte, und dafs noch früher vor 1647 **Pascal** ein ähnliches, ein Weinbarometer konstruirte.

Um ein Wasserbarometer zu verfertigen kittete **Guericke** mehrere Glasröhren an einander, bis sie eine Länge von 19 magdeburger Ellen hatten. Die so gebildete Röhre richtete er an der Aufsenseite seines Hauses auf, stellte sie unten in ein Gefäfs mit Wasser, und verband sie oben, wo er sie mit einem Hahn versehen hatte, mit seiner Luftpumpe. Nun evakuirte er so lange als das Wasser noch stieg, und schlofs dann den Hahn ab. Aus den Erfahrungen an diesem Wasserbarometer schlofs er, dafs ein Heber das Wasser über keine gröfsere Höhe als etwa 32 Fufs hinwegführe, und dafs es auch in Pumpen nicht höher steigt.

An diesem Wasserbarometer entdeckte **Guericke** ebenfalls sehr bald, ohne etwas von **Torricelli's** ähnlichen Beobachtungen zu wissen, die unregelmäfsigen und fast steten Veränderungen des Luftdrucks. Daher nannte er sein Instrument *Semper vivum*, auch wohl Wettermännchen, ein Name, der in seinen lateinisch gedruckten Schriften durch Anemoskopium wieder gegeben ist; das Wort Barometer kannte er also nicht. Den Namen Wettermännchen legte **Guericke** seinem Instrumente bei, weil er bald beobachtete,

dafs das Steigen und Fallen des Wassers darin mit Witterungsveränderungen zusammenhing, und dafs man diese häufig mit einiger Wahrscheinlichkeit vorhersagen könne; namentlich wufste er, dafs ein plötzliches und tiefes Fallen seines Barometers Sturm bedeute, und machte davon im J. 1660 durch Prophezeihung eines Sturmes Anwendung.

Im Geschmack der damaligen Zeit liefs er auf dem Wasser in der Röhre ein aus Holz geschnitztes Männchen schwimmen, das mit dem ausgestreckten Arm auf eine Skale zeigte, auf welcher das Wetter angegeben war. Den übrigen Theil des Instruments versteckte er sorgfältig durch eine Holzbekleidung. Natürlich, dafs dann seine Mitbürger, welche die innere Einrichtung des Instruments nicht kannten, die prophetischen Angaben des wundersamen Männchens höchlich anstaunten, und daran hatte denn **Guericke** seine Freude.

Ein anderes lehrreiches Instrument, dessen Erfindung wir **Guericke** verdanken und zwar ausschliefslich ihm allein, da kein anderer darauf Anspruch machen kann, ist das Manometer, Dichtigkeitsmesser, welches **Guericke** 1661 in einem Brief an Pater **Schott** zuerst beschrieb. Es hatte die Einrichtung, die man noch heute in allen physikalischen Kabineten antrifft, d. h. bestand aus einem Wagebalken, an dessen einem Ende eine Kugel sich befindet, die durch ein Gegengewicht am anderen Ende balancirt wird, und in einem luftverdünnten Raum desto mehr sinkt je verdünnter die Luft ist; es hatte bei **Guericke**, wie alle seine Instrumente, etwas riesige Dimensionen, die kupferne Hohlkugel einen Durchmesser von 1 Fufs. Er machte diese Kugel luftleer, was überflüssig ist (§ 209).

Auch bei diesem Instrument nahm **Guericke** sehr bald fortwährende Veränderungen wahr, die Kugel wurde bald leichter, bald schwerer. Sehr richtig schlofs **Guericke** daraus, dafs das Gewicht der Luft, welches die Kugel umgiebt, steten Veränderungen unterliege. Allein so recht klar war ihm doch der Unterschied zwischen diesem Manometer und dem Barometer noch nicht, worüber man ihn

indeſs nicht sonderlich tadeln kann, da die Angaben beider Instrumente oft zusammenfallen, und der Unterschied hauptsächlich bei verschiedenen Gasen merkbar wird, bei denen die Dichteunterschiede groſs sind.

189. Wie die florentiner Physiker stellte **Guericke** eine beträchtliche Anzahl von Versuchen an, die den Zweck hatten, die Nothwendigkeit der Mitwirkung der Luft zu verschiedenen Erscheinungen zu ermitteln und festzustellen. Er bediente sich hier überall der Luftpumpe, wo die Florentiner in Ermangelung eines solchen Instruments auf eine viel unbequemere Weise das Barometer anwandten. Zu diesen Versuchen gehört u. A. der, wodurch er zeigte, daſs Luft nothwendig sei, um von einem tönenden Körper die Schallschwingungen in unser Ohr zu leiten oder wenigstens, daſs es unter den gewöhnlichen Umständen die Luft sei, welche diesen Dienst verrichtet. Er brachte ein Uhrwerk mit Glocke an einem Faden hängend unter einen Recipienten und beobachtete, daſs der Ton der Glocke in dem Maſse schwächer wurde, als die Luft mehr verdünnt ward.

Caspar Bertus hatte einen ähnlichen Versuch im Vakuum des Wasserbarometers angestellt, indem er eine Glocke mit Hammer von auſsen durch einen Magnet bewegte, und dabei keine Abnahme des Klanges beobachtete. Da nun die Peripatetiker wuſsten, oder vielmehr annahmen, denn wissen konnten sie es ja nicht, daſs schwingende Körper im Vakuum keinen Ton von sich geben können, so schlossen sie, daſs das Vakuum über dem Wasserbarometer kein vollkommenes sei. Sie hatten darin nicht Unrecht, wiewohl andererseits auch **Guericke** im Rechte war, daſs im vollkommenen Vakuum kein Ton entstehen könne. **Guericke** wuſste übrigens, daſs der Schall sich nicht bloſs durch Luft, sondern auch durch starre und flüssige Körper fortpflanze, und führte als Beweis dafür an, daſs man Fische unter Wasser daran gewöhnen könne, sich durch eine Klingel herbei rufen zu lassen.

Eine andere Thatsache, welche **Guericke** erwies, war die, daſs im luftleeren Raum keine Verbrennung stattfinde.

Er brachte ein brennendes Licht unter einen Recipienten, evakuirte und sah dann das Licht allmählich erlöschen; ganz richtig folgerte **Guericke** daraus, dafs die Körper zu ihrer Verbrennung Luft gebrauchen. Um diese Folgerung noch einleuchtender zu machen, stellte er folgenden ganz hübsch erdachten Versuch an. Durch die Mitte eines nach unten sich verengenden Gefäfses führte er eine Röhre bis durch den Boden, unterhalb dessen sie mit einem Recipienten in Verbindung gesetzt werden konnte. Das Gefäfs wurde über die Hälfte mit Wasser gefüllt, und ein gläserner Kolben mit seiner Oeffnung so in dasselbe getaucht, dafs die Röhre von ihm umschlossen wurde. War nun eine brennende Kerze in den Recipienten gebracht, die Röhre hierauf mit diesem verbunden, so dehnte sich die Luft durch die Lichtflamme aus und der Kolben erhob sich, aber nach kurzer Zeit senkte er sich wieder, und Wasser stieg in ihm auf.

Aus diesem Versuch schlofs **Guericke** ganz richtig, dafs die Luft im Recipienten eine Verminderung erlitten habe, welche er auf den zehnten Theil der darin enthaltenen Luft schätzte. Ob sie ganz verzehrt werde oder nicht, vermochte er nicht genügend zu beantworten, denn die Flamme verlosch zu geschwind.[1])

190. Nächst dem Luftdruck war es die Wirkung der Wärme auf die Luft, welche **Guericke** beschäftigte. Bekannt mit dem Drebbel'schen Thermoskop konstruirte er ein ähnliches Instrument, das zwar keine wesentlichen Vorzüge hatte, aber doch in der Form etwas von ihm abwich. Man kann es ein Heber-Thermoskop nennen, wie man die Instrumente von **Porta**, **Drebbel** u. s. w. Gefäfs-Thermoskope nennen könnte.

Das Instrument von **Guericke** bestand aus einem kupfernen gebogenen Rohr, dessen Schenkel parallel und aufwärts gerichtet und bis etwa zur Hälfte mit Weingeist gefüllt waren; auf dem einen befand sich eine mit Luft gefüllte kupferne

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 184.

Kugel, in dem andern auf dem Weingeist ein Schwimmer, von welchem ein Faden in die Höhe ging, der sich oben um eine Rolle legte, und am Ende eine Figur trug. Eine kleine verschliefsbare Oeffnung in der Kugel diente zur Regulirung der Luft darin. Das Ganze war in ein Gehäuse eingeschlossen, aus welchem nur die Figur herausragte, welche mit der Hand auf eine Skala von 7 Abtheilungen zeigte, deren Endpunkte *magnum frigus* und *magnus calor* hiefsen. **Guericke** nannte das Instrument *Perpetuum mobile*.

Es ist auffallend, dafs **Guericke**, der doch den Luftdruck so gut kannte, nicht einsah, dafs sein Instrument zugleich von den Veränderungen dieses Drucks und der Temperatur afficirt werde. Insofern war es also ebenso unvollkommen wie alle ähnlichen Vorrichtungen vor dem florentiner Thermometer, aber in einer Beziehung hatte es doch etwas voraus, es besafs nämlich einen einigermafsen festen Punkt, freilich nur einen, der eben deshalb auch nicht viel hilft. Er ajustirte es mittelst der Oeffnung in der Kugel so, dafs die Figur auf den mittelsten Theilpunkt seiner Skale zeigte, wann eben Nachtfröste eintraten oder es früh morgens reifte! das war freilich eine sehr rohe Art der Graduirung, aber immer besser als gar keine [1]).

191. Bedeutender als in der Wärmemessung sind **Guericke**'s Verdienste um die Elektricitätslehre. Er verfertigte zuerst ein Instrument, wodurch die elektrischen Erscheinungen deutlicher studirt werden konnten als bisher; man kann es zwar noch nicht eine Elektrisirmaschine nennen, aber es bahnte doch den Weg zu dieser. Sein Instrument bestand der Hauptsache nach aus einer Schwefelkugel, die er dadurch bildete, dafs er Schwefel in einer Glaskugel schmolz, und dann das Glas herum zerschlug und absonderte. Diese Schwefelkugel durchbohrte er und steckte sie auf eine Axe, mittelst welcher er sie in Rotation versetzen konnte. Als Reibzeug diente dabei die

---

[1]) Fischer, Gesch. II, 160.

trockne Hand, mit der er während des Drehens die Kugel umfaſst hielt.

Mittelst dieses rohen Werkzeugs, das eben, weil daran noch der Konduktor fehlte, nicht Elektrisirmaschine genannt werden kann, beobachtete **Guericke** doch ein Paar wichtige Thatsachen, nämlich die elektrische Abstoſsung, welche die Alten und selbst **Gilbert** noch nicht kannten, ferner das Licht und das Knistern beim Elektrisiren. Es war indeſs nur das schwache phosphorische Leuchten der Elektricität im Dunkeln, welches **Guericke** wahrnahm, den eigentlichen elektrischen Funken beobachtete er noch nicht.

Alle diese und noch verschiedene minder belangreiche Thatsachen hat **Otto v. Guericke** zusammengefaſst in einem Werke, welches unter dem Titel: *Ottonis de Guericke Experimenta nova (ut vocantur) magdeburgica* im J. 1672 zu Amsterdam erschien, aber schon 1663 in der Handschrift vollendet war. Vergleicht man dasselbe mit den gleichzeitigen physikalischen Erzeugnissen in Deutschland, so muſs man gestehen, daſs es einen ausgezeichneten Rang gegen diese behauptet.

192. Nächst **Otto v. Guericke** war unter den deutschen Physikern der zweiten Hälfte des XVII. Jahrhunderts unstreitig der berühmteste **Athanasius Kircher**, dessen Lebensverhältnisse bereits früher (§ 128) erwähnt sind. Er verdankt seine Berühmtheit zum kleinsten Theil etwaigen Erfindungen und Entdeckungen im Gebiet der Wissenschaft, als vielmehr seiner grossen Gelehrsamkeit und Rührigkeit, seinen zahlreichen Schriften, welche sich mit encyklopädischer Kenntniſs dessen, was Vorfahren und Zeitgenossen geleistet, über alle damals kultivirten Zweige der Physik erstreckten, und bei allen ihren Schattenseiten doch das Gute hatten, die Verbreitung der Wissenschaft zu fördern. Es findet sich in diesen Schriften allerdings manche bemerkenswerthe Thatsache und manche sinnreiche Idee, woran es ihrem Verfasser nicht gebrach, aber daneben enthalten sie auch einen solchen Wust von unerwiesenen und ungereimten Dingen, daſs man kaum annehmen kann,

der Verfasser habe das alles selbst geglaubt, sondern nur die Absicht gehabt, von seinen leichtgläubigen und unwissenden Zeitgenossen bewundert zu werden, daher denn auch die meisten seiner Werke heut zu Tage nur als Kuriositäten zu betrachten sind.

Durch seine Schriften ist **Kircher** im XVII. Jahrhundert eine Art Autorität geworden; ob er aber in Wahrheit etwas zu den Fortschritten der Wissenschaft beigesteuert oder sich als Physiker dokumentirt habe, ist einigermaſsen zweifelhaft. Seiner wenig belangreichen Arbeiten über den Magnetismus habe ich bereits gedacht (§ 128), es bleibt mir jetzt noch übrig, etwas von seinen Leistungen im Gebiet der Optik und Akustik zu sagen, worin man ihm noch am meisten Verdienste zuzuerkennen pflegt, worin er aber auch, genau erwogen, nichts Eigenes von Bedeutung geleistet hat.

So ist **Kircher** zwar wohl der erste Physiker, der von den physiologischen Farben redet, aber die Beobachtung, welche ihm dazu Veranlassung gab, ist nicht von ihm, sondern von einem gewissen **Joseph Bonacursius**. Dieser beobachtete, daſs, wenn er auf ein in die Oeffnung des Fensterladens einer dunklen Kammer gehaltenes buntes Papier sah und darauf die Oeffnung schloſs, ihm vor den Augen die verschiedensten Farben erschienen. Diese Beobachtung gab nun **Kircher** zu mancherlei Reflexionen Anlaſs, wobei er u. A. das Auge mit dem bononischen Leuchtstein verglich, über den er ebenfalls schrieb.

Nicht besser steht es um die Erfindung der Laterna magica, die man in der Regel **Kircher** ganz zuschreibt. Wie früher erwähnt, hat **Porta** unter mancherlei Veränderungen, die er mit der Camera obscura vornahm, auch die angewandt, daſs er transparente Gegenstände vor die Linse schob. Nun ist aber eine Camera obscura mit transparenten Objekten in der That nichts anderes als eine Laterna magica, mit dem einzigen Unterschied, daſs Sonnenlicht die Stelle des Kerzenlichts in letzterem Instrumente

28*

vertritt. Indeſs könnte man immer in der Vertauschung des Sonnenlichts gegen Kerzenlicht ein kleines Verdienst erblicken, wenn es nur mit Gewiſsheit dem Pater **Kircher** zuzuschreiben wäre. Allein dem ist doch nicht so.

Kircher spricht von der Laterna magica in seiner *Ars magna lucis et umbrae*, aber nicht in der ersten Auflage von 1646 [1]), sondern in der späteren von 1671 (§ 59). Nun aber berichtet **Deschales** in seinem *Mundus mathematicus, Lugd. 1674*, daſs ihm ein Däne, den er leider nicht nennt, schon 1665 eine Laterna magica mit zwei konvexen Gläsern gezeigt habe, die auch **Deschales** beschreibt und abbildet. **Deschales** erwähnt **Kircher**'s nicht, selbst nicht in der zweiten nach seinem Tode erschienenen Auflage des Mundus math. von 1690. Er sagt, der Däne sei von Leyden gekommen. Nun ging um diese Zeit **Thomas Bartholin**, der Anatom, von Leyden nach Italien, der sich auch für Optik interessirte, wie aus seiner Untersuchung des Leuchtens lebender und faulender thierischer Wesen hervorgeht; es ist daher jener Däne sehr wahrscheinlich dieser **Thomas Bartholin**.

Ein anderer Gegenstand, bei dem **Kircher** in der Optik eine Rolle spielt, ist die Frage, ob **Archimedes** die Flotte der Römer vor Syrakus durch Brennspiegel verbrannt habe. Die Sage davon, die, wie ich früher erwähnte (§ 6), erst durch byzantinische Schriftsteller des XII. Jahrhunderts, durch **Zonaras**, **Tzetzes** und **Eustathius** in Umlauf gebracht ist, und im Grunde aller sicheren historischen Begründung entbehrt, hat die optischen Schriftsteller des Mittelalters vielfach beschäftigt; und da man zu der Einsicht gelangte, daſs die Verbrennung jener Flotte durch Hohlspiegel jedenfalls groſse Schwierigkeiten gehabt haben müsse, so faſste man eine Aeuſserung von **Tzetzes** desto mehr auf, wonach **Archimedes** sich kleiner viereckiger Spiegel mit Charnieren bedient habe.

---

1) S. jedoch **Gehler**, Wörterbuch IV, 843.

Kircher gehört zu denen, die in dieser Weise, d. h. durch mehrere auf einen Punkt gerichtete Planspiegel die Verbrennung der Flotte für möglich hielten, und er machte sogar einen Versuch um diese Möglichkeit zu erweisen. Er verband 5 Planspiegel auf die Art, daſs sie die reflektirten Sonnenstrahlen auf einen 100 Fuſs entfernten Gegenstand werfen muſsten, und steckte dadurch freilich keine Flotte in Brand, brachte aber doch eine bedeutende Hitze hervor.

Auf einer mit dem schon erwähnten **Caspar Schott** unternommenen Reise nach Sicilien nahm er die Oertlichkeiten von Syrakus in Augenschein, und glaubte schlieſsen zu müssen, daſs **Archimedes** sich wirklich der römischen Flotte auf 30 Schritt habe nähern können, und somit im Stande gewesen sei durch zweckmäſsig aufgestellte Planspiegel dieselbe zu vernichten. Ich muſs dies dahin gestellt sein lassen, kann aber nicht umhin zu bemerken, daſs **Kircher** nicht die Priorität in dem genannten Versuch gebührt, da bereits **Vitello** im XIII. Jahrhundert denselben ausführte und zwar zu gleichem Zweck.[1])

Ebenso zweifelhaft sind **Kircher**'s Leistungen im Felde der Akustik, und habe ich derselben zum Theil schon bei Gelegenheit des Sprachrohrs gedacht (§ 183). Eine Erfindung, die man **Kircher** wohl zuzuschreiben pflegt, ist die der Aeolsharfe oder des Anemochords, des guitarreähnlichen Instruments, welches, dem Winde ausgesetzt, sehr liebliche und mannichfache Akkorde hören läſst. **Kircher** beschreibt dasselbe in seiner *Phonurgia 1673,* und er hat auch wohl das Verdienst, es zuerst beschrieben oder zur Kunde der Physiker gebracht zu haben. Aber mit dem Anspruch auf die Erfindung des Instruments sieht es doch noch miſslich aus, denn schon im **Eustathius** kommt die Angabe vor, daſs der Wind, wenn er auf gespannte Saiten stoſse, harmonische Töne erzeuge. Und **Kircher** war ein

---

[1]) Wilde, Gesch. d. Optik I, 43.

zu guter Kenner älterer Werke, als dafs man nicht annehmen dürfe, er habe auch diese Stelle gekannt, welche Annahme wohl erlaubt ist, da er in seinen Schriften viele andere Dinge ohne Nennung der Quelle beschreibt, die erweislich nicht sein Eigenthum sind.

So ist es denn mit den eigenen Leistungen **Kircher**'s nicht sonderlich bestellt, aber verkennen wollen wir darum nicht, dafs er durch seine Schriften, trotz ihrer Weitschweifigkeit und häufigen Unzuverlässigkeit, viel zur Belehrung seiner Zeitgenossen beitrug.

193. In ähnlicher Weise wie **Kircher** wirkten noch einige andere kenntnifsreiche Männer, deren Werke noch jetzt zur Beurtheilung des damaligen Zustandes der Wissenschaft einen geschichtlichen Werth besitzen. Dergleichen sind:

Daniel Schwenter, geb. 1585 zu Nürnberg, gest. 1636 als Prof. der Mathematik und orientalischen Sprachen an der 1809 aufgehobenen Universität Altdorf in Franken, dessen *Mathematische und philosophische Erquickstunden* im J. 1636 nach seinem Tode herausgegeben wurden, und etwa den Charakter von **Porta**'s Magia naturalis an sich tragen. Er erwähnt darin u. A. einen körperlichen Drachen, der eine Art Montgolfiere ist.

Kaspar Schott, der Freund von **Guericke** und **Kircher**, dem Orden der Jesuiten angehörig, geb. 1608 zu Königshofen bei Würzburg, und gest. 1666 zu Würzburg als Prof. der Mathematik und Physik daselbst. Er hinterliefs verschiedene Schriften mathematischen und physikalischen Inhalts, darunter auch eine betitelt: *Technica curiosa, Herbipoli 1664*, worin sich die älteste Nachricht vom Gebrauch der Taucherglocke befindet. **Schott** bringt nämlich darin aus dem Werke *Opusculum de motu celerrimo* eines gewissen **Taisnier** die Nachricht, dafs im J. 1538 zwei Griechen zu Toledo, in Gegenwart des Kaisers Karl V. und vieler tausend Zeugen, mit einem umgekehrten Kessel sich unter Wasser liefsen, ein brennendes Licht mitnahmen und mit diesem, ohne nafs zu werden, wieder heraufkamen.

Lord **Baco** kannte auch schon diese Vorrichtung und beschrieb sie umständlich in seinem Novum Organon, also 1620. In England, wo man in neuerer Zeit so manche nützliche Anwendung von der Taucherglocke gemacht hat, z. B. bei Hafenbauten, zur Heraufholung von Gegenständen, die ins Meer versunken sind u. s. w., scheint man sie überhaupt zu letzterem Zweck zuerst benutzt zu haben. Es war nämlich im J. 1588, wo man bei der Insel Mull an der Westküste von Schottland versuchte, die dort mit mehreren Schiffen der sogenannten unüberwindlichen Flotte der Spanier versunkenen Schätze wieder heraufzubringen. Die dabei benutzte Taucherglocke ist von **Sinclair** beschrieben in der *Ars nova et magna gravitatis et levitatis, Roterodami 1669*, ohne dafs er sich die Erfindung beilegt.

Seitdem ist die Taucherglocke mannichfach abgeändert worden, sowie ihre Benutzung häufiger ward. In unvollkommener Gestalt war sie sogar den Alten bekannt; schon **Aristoteles** spricht von ihr, jedoch nicht deutlich. Es waren auch nicht eigentliche Taucherglocken, sondern Taucherkappen, umgestürzte Kessel, wodurch man blofs den Kopf des Tauchers, nicht den ganzen Körper desselben schützen wollte.

Joh. Christoph Sturm, geb. zu Hippoltstein 1635, gest. 1703 zu Altdorf, wo er Professor der Mathematik und Physik war. Von seinen Schriften sei hier genannt: *Collegium experimentale curiosum, Norimb. 1685* und *1702*, worin er Nachricht von den aërostatischen Bemühungen des **Francesco Lana** giebt. Dieser, ein Jesuit, geb. 1631 zu Brescia, wo er auch Mathematik und Philosophie lehrte, gest. 1687 zu Rom, veröffentlichte eine kleine Schrift: *Prodromo ovvero saggio di alcune invenzioni nuove promesso all' arte maestra, Bresc. 1670*, worin er den Vorschlag machte, sich durch luftleere Kugeln von Kupfer in die Luft zu erheben. Er wollte vier solcher Kugeln von 20 Fufs Durchmesser und $\frac{1}{23}$ Linie Wanddicke an einem Nachen befestigen[1].

---

[1]) Fischer, Gesch. II, 471; Murhard, Gesch. d. Physik I, 39.

Ferner findet sich in dem Collegium exper. das Instrument beschrieben, welches man Differentialthermometer nennt und gewöhnlich als eine Erfindung von **Leslie** betrachtet. **Brewster**, der hierauf aufmerksam gemacht hat, behauptet gradezu, **Leslie** habe es aus dem Collegium exp. entlehnt[1]). Eine andere Beschreibung desselben Instruments findet sich bei **van Helmont**, was schon **H. Davy** 1803 in seinen *Elements of chemical philosophy* pag. 75 und 76 gegen **Leslie** geltend gemacht hat, doch läfst die Beschreibung noch eine Ausflucht zu; *a loophole, through which a person of small dimensions might creep.* (Journ. of Sc. II, 145.)

Dieser **van Helmont** war einer der ausgezeichnetsten Chemiker seiner Zeit, geb. 1577 zu Brüssel, aus dem Geschlecht der Grafen von Merode stammend. Sein Ruf als Arzt und Chemiker verschaffte ihm glänzende Anerbietungen von Kaiser Rudolph II. und dem Erzbischof von Köln; er lehnte sie aber ab, da ihm sein Laboratorium zu Vilvorde bei Brüssel lieber war, als die Freuden des Hoflebens. Er starb 1644 zu Vilvorde.

Von seinen chemischen Verdiensten mag hier nur erwähnt werden, dafs man ihn nicht mit Unrecht als Entdecker des kohlensauren Gases ansehen kann, obwohl auch **Paracelsus** (geb. 1493 zu Einsiedel, Kanton Schwyz, gest. 1541 zu Salzburg) dasselbe schon kannte. **Van Helmont** wufste, dafs es sich sowohl beim Verbrennen von Kohle als beim Gähren von Brod und Wein entwickelt. Ihm gebührt auch das Verdienst den Namen Gas gebildet und in die Wissenschaft eingeführt zu haben. Der Name Gas übrigens, den Einige wohl für griechischen Ursprungs gehalten und von Chaos abgeleitet haben, ist wenigstens seiner näheren Abkunft nach ein deutscher, offenbar von Gahst (engl. Ghost, platt Geest), Geist herstammend, oder auch, was damit zusammenhängt von Gäscht, Oberhefe, Schaum, platt Gest, engl. Yest.

---

[1]) Journ. of Sciences II, 1644.

Aufser dem unserm heutigen Differentialthermometer ähnlichen Instrumente kannte und benutzte **van Helmont** auch ein Wasserthermometer, wahrscheinlich ohne von den Arbeiten der florentiner Physiker etwas zu wissen. Es war ohne Graduirung, im Ganzen von roher Form und beschrieben in einem Werk, welches erst 4 Jahre nach **van Helmont's** Tode unter dem Titel: *Ortus medicinae, Amstel. 1648* erschien und viele Auflagen erlebte.

Samuel Reiher, Professor der Physik zu Kiel, geb. 1635 zu Schleusingen, gest. 1714 zu Kiel, wurde schon bei den Glasthränen genannt (§ 182).

Daniel Georg Morhof, geb. zu Wismar 1639, war zuerst Professor der Dichtkunst zu Rostock, machte darauf Reisen nach Holland und England, und nahm darauf die Professur der Beredsamkeit und Dichtkunst an der 1665 neu gestifteten Universität Kiel an. Auf der Rückkehr von einer Badereise nach Pyrmont starb er 1691 zu Lübeck.

Morhof ist berühmt als Literator, besonders durch seinen *Polyhistor, Lübeck 1688*, der in Deutschland zuerst ein vollständigeres und planmäfsigeres Studium der Literargeschichte angeregt hat. In der Physik hat er sich einen Namen gemacht durch die Schrift: *Stentor hyaloklastes s. Epistola de scypho vitreo per vocis humanae sonum rupto, Kilon. 1672.* Es handelt von dem Zerschreien der Gläser. **Morhof** erzählt darin, dafs er bei seinem Aufenthalt in Amsterdam zu einem Weinhändler **Petter** geführt worden sei, der die Kunst verstand Gläser zu zerschreien, und es ihm selbst vorgemacht habe. **Petter** habe zuerst durch Anschlagen an das Glas, einen sogen. Römer, den Ton desselben erforscht, dann den Mund dicht davor haltend die höhere (?) Oktave angegeben, und so lange hineingeschrien, bis das Glas zersprungen sei; **Morhof** habe dabei das Glas in seiner Hand zittern gefühlt [1]).

Chladni fürchtet es möge dabei ein Betrug obgewaltet haben, es möchte von Diamantstrichen zerrissen worden

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 499.

sein [1]), indeſs bringt er doch selbst später im Anhang S. 89 eine Nachricht bei, welche die Angabe glaublich macht. Er sagt: In dem Talmud, in der Gemara, werden die Meinungen verschiedener Gelehrten darüber angeführt, wie es mit dem Schadenersatz zu halten sei, wenn ein Hausthier durch sein Geschrei ein Gefäſs zersprenge! Es muſs doch also wohl einmal ein solcher Fall vorgekommen sein. Es wird hinzugefügt, Rame, der Sohn Jecheskel entscheide, daſs Einer, dessen Haushahn den Kopf in ein Glasgefäſs des Nachbarn stecke und durch Krähen zersprenge, zum vollen Schadenersatz zu verurtheilen sei! Uebrigens hat auch ein Italiener **Bartoli**, ein Jesuit, über das Zerschreien der Gläser geschrieben: *Trattato del suono e dei tremori armonici, Bologna 1680.*

194. Neben allen diesen mehr schreibenden als experimentirenden Physikern verdient eine rühmliche Erwähnung in doppelter Beziehung der Herr v. **Tschirnhausen**, einmal, weil er als reicher Privatmann die Wissenschaften lediglich ihrer selbst wegen trieb, und dann, weil er sie, was bei uns immer selten ist, in praktischer Weise ausübte. In dieser Beziehung erweist er sich als einen würdigen Geistesverwandten von **O. v. Guericke.**

Ehrenfried Walter Graf v. Tschirnhausen, Herr v. Kislingswalde und Stolzenberg war geb. 1651 zu Kislingswalde in der Oberlausitz. Von Jugend auf hegte er eine groſse Neigung zur Mathematik, um derentwillen er auch die Universität zu Leyden bezog. Im J. 1672 trat er in holländische Dienste, schied aber nach 1½ Jahren wieder aus, und begab sich nun auf Reisen. Er besuchte Frankreich, Italien, Sicilien, Malta und kehrte über Wien zurück, wo er sich längere Zeit aufhielt. Auch später noch machte er mehrmals Reisen nach Holland und Frankreich, während er die übrige Zeit auf seinen Gütern in der Lausitz lebte. Er starb als kursächsischer Rath 1708 zu Dresden.

---

[1]) Chladni, Akustik, p. 271.

Tschirnhausen hat eine beträchtliche Anzahl mathematischer Abhandlungen geschrieben, die gröfstentheils in den Actis Eruditorum niedergelegt sind. Diese *Acta Eruditorum*, die auch eine bemerkenswerthe literarische Erscheinung des XVII. Jahrhunderts sind, wurden im J. 1682 durch den Professor **Otto Mencke** in Leipzig gegründet. Sie bildeten die erste gelehrte Zeitschrift in Deutschland, und waren lange Zeit eins der gelesensten und weit verbreitetsten Journale. Die ausgezeichnetsten Gelehrten ihrer Zeit waren Mitarbeiter an derselben, und gaben darin entweder Recensionen und Kritiken von erschienenen Werken nach Art unserer heutigen Literaturzeitungen, oder veröffentlichten darin, was einer baldigen Bekanntmachung bedurfte. So enthalten die Acta Erud. eine ganze Reihe sehr schätzbarer mathematischer und physikalischer Aufsätze neben einer freilich sehr grofsen Menge von Auszügen und Recensionen theologischer, juristischer und medicinischer Werke, die für den Physiker kein Interesse haben.

In den ersten drei Decennien ihrer Existenz erfreuten sich die Acta Erud. eines blühenden Fortgangs, späterhin kamen sie in Verfall, da ihr ganzer Zuschnitt nicht mehr für die Zeit pafste, und Zeitschriften in deutscher Sprache für die einzelnen Fächer des Naturstudiums zu erscheinen begannen. Sie vegetirten indefs noch bis 1782, wo der Band von 1776 erschien, mit welchem denn die ganze Reihe von 117 Quartbänden schlofs.

Mehr als diese Aufsätze in den Actis Erud. haben **Tschirnhausen**'s Namen auf die Nachwelt gebracht seine Bemühungen um Darstellung grofser Brennspiegel und Brenngläser. Zum Behuf der letzteren legte er auf seinen Gütern drei Glashütten an, so wie eine eigene Mühle zum Schleifen der Gläser. Von Brennspiegeln brachte er im J. 1687 einen zu Stande, der alle bis dahin angefertigten weit hinter sich liefs. Er war aus Kupfer getrieben, besafs einen Durchmesser von 3 leipziger Ellen, und hatte

eine Brennweite von 2 Fuſs; er soll noch gegenwärtig im sogen. mathematischen Salon aufbewahrt werden. Seine Wirkung war erstaunlich. Er entzündete Holz, brachte Wasser zum Sieden, schmolz 3 Zoll dickes Zinn, durchlöcherte in 5 bis 6 Minuten ein Thalerstück oder eiserne und kupferne Bleche, verglaste Ziegel, Erden u. s. w., aber er konnte, was bemerkenswerth ist, durch Verdichtung der Mondstrahlen nicht die mindeste Wärme hervorbringen.

Auf die Anfertigung groſser Brenngläser verwendete **Tschirnhausen** viel Mühe und Geld, es gelangen ihm indeſs nur vier. Das gröſseste derselben hält 33 Zoll im Durchmesser und hat 12 Fuſs Brennweite. Es kam im J. 1701 durch den zu seiner Zeit berühmten Chemiker **Homberg**, Leibarzt des Herzogs von Orleans, damaligen Regenten von Frankreich, an die pariser Akademie der Wissenschaften, die schon 1682 **Tschirnhausen** zu ihrem Korrespondenten erwählt hatte. Ein anderes bekam der Graf de la Tour d'Auvergne, ein drittes befindet sich in der Rathsbibliothek zu Görlitz, und eins in der Sammlung der Akademie der Wissenschaften zu Berlin.

Die Wirkungen dieser Gläser waren denen der Brennspiegel ähnlich, besonders wenn, wie es **Tschirnhausen** that, noch ein Sammelglas vorgesetzt wurde. **Tschirnhausen** machte sich u. A. den Scherz, daſs er Fische und Krebse damit in Wasser kochte. Durch Koncentration der Mondstrahlen konnte er aber auch mit den Gläsern nicht die mindeste Wärme hervorbringen. Mittelst eines der berühmten Brenngläser **Tschirnhausen's**, welches $\frac{3}{4}$ florentiner Ellen im Durchmesser hielt und eine Brennweite von $2\frac{1}{2}$ solcher Ellen hatte, stellten in d. J. 1694 und 95 **Averani** und **Targioni** zu Florenz auf Kosten des Groſsherzogs Cosimo III. die merkwürdigen Versuche mit Diamanten an, durch welche zuerst die Verbrennlichkeit derselben dargethan ward. Um die Wirkung des Glases zu erhöhen, hatte man vor dem Brennpunkt noch eine Kollektivlinse aufgestellt. Der gröſste Diamant, den man verbrannte, wog $22\frac{7}{8}$ Denar (à 6 bis 8 Gran), und nach

28½ Minuten war von demselben ein kaum mehr sichtbares Stückchen übrig.[1])

Die Brennspiegel gaben **Tschirnhausen** auch zu einer mathematischen Untersuchung Anlafs, die seinen Namen aufbewahrt hat, nämlich zur Untersuchung der Brennlinien, oder wie sie bald darauf 1692 von dem grofsen Mathematiker **Jakob Bernoulli** genannt wurden, die katakaustischen Linien zum Unterschied der ähnlichen durch Refraktion bei Linsen entstehenden diakaustischen Linien. Es sind zwar die Brennlinien schon von **Maurolykus** beachtet worden, allein die erste genauere Untersuchung über sie hat **Tschirnhausen** 1682 angestellt, obwohl nicht ganz ohne Fehler, die er indefs selbst später eingestand. **Huyghens** schrieb freilich schon 1678 über diesen Gegenstand eine Abhandlung, dieselbe wurde aber erst 1690 gedruckt.[2])

195. Da ich hier einmal von den deutschen Physikern des XVII. Jahrhunderts rede, so mufs ich noch einen Mann namhaft machen, der zu ihnen gezählt worden ist, obgleich ich meinerseits bezweifle, dafs man volles Recht dazu gehabt hat. Es ist dies **Salomon de Caus.** Er ist Verfasser eines Werks betitelt: *Les raisons des forces*

---

[1]) Franz Stephan, Herzog von Lothringen, der im J. 1737 nach dem Aussterben der Dynastie Medici zum Besitz von Toskana gelangte, und später 1745 als Franz I. zum deutschen Kaiser erwählt wurde, liefs zu Wien im J. 1751 diese Versuche wiederholen, aber nicht mit einem Brennglase, sondern in einem Ofen. Der Erfolg war derselbe wie bei dem florentinischen Versuche, und man lernte also nur daraus, dafs der Diamant auch im gemeinen Feuer verbrennlich sei. Der Kaiser erkaufte indefs diese Erfahrung ein wenig theuer, er opferte an Diamanten und Rubinen, die sich hierbei unzerstörbar erwiesen, nicht weniger als für [illegible]0 Gulden. Wir würden mit Recht erstaunen müssen über diese grofsartige Freigebigkeit, wenn wir nicht durch eine spätere Schrift belehrt worden wären, dafs diesem Versuch gar kein wissenschaftlicher Zweck zum Grunde lag, sondern der Kaiser nur die Absicht hatte, nach einem von einem Unbekannten erhaltenen und bei dieser Gelegenheit glänzend durchgefallenen Geheimnifs, kleinere Diamanten zu einem einzigen grofsen zusammen zu schmelzen.

[2]) Wilde, Gesch. der Optik I, 341.

mouvantes, avec diverses machines tant utiles que plaisantes, Frankf. a/M. 1615. Dies Werk, dessen Inhalt ich sogleich näher bezeichnen werde, hat **Arago** Veranlassung gegeben, im Annuaire von 1829 zu behaupten:

1) daſs **Sal. de Caus** ein Franzose von Geburt sei;

2) daſs er die Dampfmaschine erfunden habe;

3) daſs demnach diese wichtige Erfindung als ein Eigenthum der französischen Nation betrachtet werden müsse.

Was die erste Behauptung betrifft, so stützt sich **Arago** darauf, daſs **Sal. de Caus**, obwohl er im Dienst des Kurfürsten von der Pfalz stand, sein Werk französisch schrieb, es dem König Ludwig XIII. dedicirte und in der Dedikation die Worte gebrauchte: *de Votre Majesté le très obéissant sujet*, wobei **Arago** jedoch einräumt, man dürfe das Wort sujet, Unterthan, nicht im eigentlichen Sinne nehmen.

Dagegen ist nun Prof. **Baumgartner** in Wien aufgetreten und hat bemerklich gemacht, daſs das Werk von **de Caus** auch in deutscher Sprache erschienen ist, und in dieser den Titel führt: *Von gewaltsamen Bewegungen etc. durch Salomon de Caus, churfürstlich pfälzischem Ingenieur und Baumeister, erstlich in französischer jetztund aber in unserer deutschen Sprache an Tag gegeben.* Prof. **Baumgartner** legt besonderes Gewicht auf die Worte *in unserer deutschen Sprache*, und schlieſst daraus, **Sal. de Caus** müsse ein Deutscher gewesen sein. Ich muſs gestehen, ich kann diesen Schluſs nicht gerechtfertigt finden.

So lange nicht bewiesen ist, — und das ist es nicht — daſs **Sal. de Caus** die deutsche Ausgabe seines Werkes in eigener Person herausgab, so lange haben jene Worte wenig Beweiskraft, denn sie können ebenso gut vom Uebersetzer herstammen, der ein Deutscher war. Ueberdies hat der Name **de Caus** gar keinen deutschen Klang. Wollte man **de Caus** bloſs deshalb der deutschen Nation vindiciren, weil er im Dienst eines deutschen Fürsten stand, so müſste man auch **Papin**, den Erfinder des papinianischen Topfes, zu den Deutschen zählen, da er Professor in Marburg war, oder **Maupertuis** und **Lagrange**, weil sie Mitglieder der

Akademie zu Berlin waren, und viele Jahre lang daselbst wohnten.

Uebrigens haben wir gar nicht Ursache uns sonderlich um **Sal. de Caus** zu reifsen, denn seine Ansprüche auf die Erfindung der Dampfmaschine sind sehr schwach, im Grunde gar keine. Er beschreibt 5 Arten Wasser zu heben und darunter eine durch Feuer, in welcher **Arago** Anlafs zu seiner zweiten Behauptung findet. Nach der Abbildung, welche **de Caus** von dieser Maschine giebt, besteht sie aus einer hohlen Kugel mit einem verschliefsbaren Eingufsrohr zur Seite, durch welches sie mit Wasser gefüllt wird. Eine zweite oben eingesetzte Röhre geht fast bis auf den Boden der Kugel, und aus ihr spritzt das Wasser aus dem oberen Ende dieser Röhre empor, so bald die Kugel auf Feuer gesetzt wird, und die in ihrem oberen Raum sich ansammelnden Dämpfe das Wasser zu dem Steigrohr hinauspressen. Hieraus erhellt genug das Wesen der Maschine, es ist eine Spritze, wie sie schon **Hero** von Alexandrien kannte. Eine solche Vorrichtung kann um so weniger einen Anspruch auf die Ehre der Erfindung der Dampfmaschine begründen, da andere dieser Maschine weit näher kommende Konstruktionen lange vor **de Caus** erdacht worden sind (§ 229).

Astronomie.

196. Ich kann Deutschland nicht verlassen, ohne einen Blick auf den Stand der übrigen physikalischen Wissenschaften zu werfen. Wie schon erwähnt, wurde die Physik nur von einer geringen Zahl von Männern, und von den meisten derselben nur mit geringem Erfolge betrieben. Gleichsam als Ersatz dafür finden wir ein weit regeres Streben in den beiden anliegenden Gebieten der Astronomie und Chemie, den beiden Wissenschaften, in welchen die Deutschen seit jener Zeit immer einen sehr ehrenvollen Platz behauptet, und zeitweise wohl gar ihren Nachbarn jenseit des Rheins und des Kanals den Vorrang abgewonnen haben.

Von den Astronomen will ich hier nur drei namhaft machen: **Hevel, Dörfel, Kirch.**

Johann Hevel oder Hevelius, eigentlich Hewelcke (d. h. Hügelchen), wie die Familie in Danzig noch heifst, geb. zu Danzig 1611, stammte aus einer patricischen und sehr vermögenden Familie dieser ehrbaren Reichsstadt. Gleich **Guericke** und **Tschirnhausen** widmete er ohne professionelle Verpflichtung sein ganzes Leben der Wissenschaft, und entfaltete dabei eine Thätigkeit, die einigermafsen vergleichbar ist mit der, welche wir in unsern Tagen an dem berühmten Astronomen der Schwesterstadt am Pregel, an F. W. **Bessel** in Königsberg, haben bewundern müssen.

Vom J. 1640 etwa an, wo **Hevel** nach längeren Reisen durch das westliche und südliche Europa in seine Heimath zurückkehrte, bis zu seinem Tode im J. 1687 war er unablässig mit Beobachtungen und mit Abfassung astronomischer Schriften beschäftigt, ungeachtet er daneben städtische Aemter bekleidete, erst als Schöffe, später als Rathsherr fungirte, und aufserdem mit den berühmtesten Gelehrten seiner Zeit einen so ausgedehnten Briefwechsel führte, dafs derselbe bei seinem Tode 17 Folianten füllte. Diese schätzbare Sammlung, worin sich u. A. auch Briefe von **Keppler** befanden, ist leider dem Vaterlande nicht erhalten worden. Der französische Astronom **de l'Isle** kaufte sie bei seiner Durchreise durch Danzig von den Erben für ein Spottgeld, wodurch sie zunächst nach Paris kam, worauf sie in die Hände von **Godin** fiel, der sie mit nach Cadix nahm, wo sie vielleicht noch existirt.[1])

Hevel war ein durchaus praktischer Mann; er stach die Figuren zu seinen Werken selbst in Kupfer, und da gute Fernröhre damals noch zu den Seltenheiten gehörten, so schliff er auch mit eigener Hand die Gläser zu den seinigen, und die von ihm dargestellten Fernröhre erlangten grofsen Ruf, und wurden weit und breit begehrt. **Hevel** gebrauchte die Fernröhre noch nicht als Mefs-Instrumente,

[1]) Montucla, Hist. des math. II, 640.

obwohl dies zu seiner Zeit schon eingeführt war, sondern er bediente sich mit einem gewissen Eigensinn dazu nur der Absehen, mit welchen seine Beobachtungen jedoch, wie **Halley** versichert, bis auf die Minute richtig gewesen sein sollen[1]) (§ 239).

Eins seiner berühmtesten Werke, das zugleich das erste war, ist die *Selenographia, Gedani 1647,* deren auch schon § 132 gedacht ist; nächstdem sind zu nennen seine *Cometographia, Ged. 1668* und die *Machina coelestis, Ged. 1673.*

Im J. 1679 hatte **Hevel** leider das Unglück durch eine große Feuersbrunst am 26. Sept. nicht weniger als 7 Häuser zu verlieren, damit fast alle seine bewegliche Habe, seine Bücher, Instrumente, Beobachtungsjournale von 1647 an u. s. w., ein großer Verlust auch für die Wissenschaft.

Georg Samuel Dörfel, der zweite Astronom, den ich hier nennen will, ein Schüler **Hevel's**, war geb. 1643 zu Plauen im Voigtland, wo er auch Diakonus war, bis er Superintendent zu Weida wurde, und als solcher daselbst 1688 starb. Er hat sich vorzüglich bekannt gemacht durch seine Beobachtungen über den großen Kometen von 1680 und 1681, die er im letzteren Jahre zu Plauen deutsch veröffentlichte.

Durch diese Beobachtungen wurde zuerst erwiesen, daß die Kometen sich nach gleichen Gesetzen, nämlich nach den kepplerschen, und in ähnlichen Bahnen um die Sonne bewegen wie die Planeten, und nicht in graden Linien, wie man früher und selbst **Keppler** noch glaubte. **Dörfel** zeigte für den erwähnten Kometen, daß der sichtbare Theil seiner Bahn mit einer Parabel übereinkomme, in deren Brennpunkt die Sonne stehe, die vollständige Bahn hielt er aber für eine sehr in die Länge gezogene Ellipse. Erst fünf Jahre später wies **Newton** in den *Principiis philos. nat. 1686* die Nothwendigkeit dazu aus

[1]) Montucla, Hist. des math. II, 639.

seiner Gravitationstheorie nach; er kannte **Dörfel's** Ansichten und billigte dieselben. Als Vermuthung war dies übrigens schon früher von **Henry Percy**, Grafen von Northumberland[1]) ausgesprochen worden, so wie von einem berliner Astronomen **Madeweis**[2]).

Gottfried Kirch, geb. zu Guben 1639, gest. 1710 zu Berlin, ein Schüler **Hevel's** und später erster Astronom an der neu errichteten Sternwarte zu Berlin. Er beobachtete den oben erwähnten Kometen zuerst in Koburg am 4. November 1680 und schrieb darüber: *Observationes insignis cometae sub finem 1680 visi Coburgi Saxoniae habitae.*

Chemie.

197. Wenden wir uns nun zur Chemie, so dürfen wir nicht vergessen, daſs dieselbe im ganzen Laufe des XVII. Jahrhunderts, sowohl in Deutschland wie in den übrigen Ländern Europas, noch auf einer sehr niederen Stufe der Wissenschaftlichkeit stand, ungeachtet die Universität Marburg schon 1609 eine Professur der Chemie errichtete, die erste ihrer Art, und **Joh. Hartmann** damit bekleidete.

Trotz dieser und ähnlicher Zeichen einer wissenschaftlichen Gestaltung der Chemie waren es doch eigentlich nur die Anwendungen derselben, um derentwillen sie getrieben wurde. Wer sich mit Chemie befaſste, hatte entweder alchemistische Zwecke im Auge, und nur ganz allmählich, und erst gegen das Ende des Jahrhunderts, erwachte ein höheres Interesse an den Erscheinungen. Das gründlichere Studium der chemischen Processe, das nach und nach dadurch hervorgerufen wurde, drängte denn auch die Alchemie immer mehr in den Hintergrund, obwohl die lockende Kunst des Goldmachens, der Panacea des Lebens und der Bereitung des Steins der Weisen, innerhalb dieses ganzen Jahrhunderts noch so viele theils offene,

---

[1]) Monatl. Korresp. VIII, 47.
[2]) Busch, Handb. VII, 357.

theils verkappte Anhänger zählte, dafs zwischen den Alchemisten und Chemikern sich keine strenge Scheidewand errichten läfst.

Die Liste der Personen, die der genannten Zwecke wegen Chemie trieben und nebenbei oft wider ihre Absicht, zwar nicht den Stein der Weisen fanden, doch einen Stein zum Fortbau dieser Wissenschaft herbeiförderten, ist innerhalb des XVII. Jahrhunderts in Deutschland sehr grofs, so dafs ich mich hier darauf beschränken mufs nur einige der vorzüglichsten zu nennen. Ein solcher ist zunächst

Andreas Libau oder Libavius, eigentlich noch einer früheren Periode angehörig, war gebürtig aus Halle, von 1588 bis 1591 Prof. der Geschichte und Poesie an der Universität zu Jena, hierauf Physikus zu Rothenburg an der Tauber, und seit 1607 Direktor des Gymnasiums in Koburg, wo er 1616 starb.

Man hält ihn allgemein für den Entdecker des flüchtigen Zinnchlorids, des *Spiritus fumans Libavii*, das er zuerst beschrieb, obwohl so kurz, dafs man fast zweifeln möchte, er habe es als etwas Neues betrachtet. Er bereitete es durch Sublimation von 1 Th. Zinn und 4 Th. Quecksilberchlorid, und nannte es daher Liquor s. spiritus argenti vivi sublimati. — **Libau** schrieb auch eine *Alchymia*, Frankfurt a. M. 1597, die als das älteste in Deutschland erschienene Handbuch der Chemie betrachtet werden kann.

Johann Rudolph Glauber, der Paracelsus seines Jahrhunderts, der Entdecker des weltberühmten Salzes, welches nach ihm Glaubersalz, *Sal mirabile Glauberi* heifst, war geb. 1603 zu Karlstadt in Franken. Er verfertigte medicinische und chemische Geheimmittel, von deren Verkauf er lebte und zu dem Zweck auch viel reiste, namentlich in Holland, wo er 1668 zu Amsterdam starb.

Das Glaubersalz stellte er dar, indem er Kochsalz mit Schwefelsäure destillirte, wobei er in der Vorlage Salzsäure und als Rückstand schwefelsaures Natron, sein

Sal mirabile gewann, welches er für einerlei hielt mit dem, was **Paracelsus** Sal enixum nannte. Er beschrieb dies erst später von ihm angewandte Verfahren 1658 [1]).

Glauber erlangte durch seine Schriften, deren er eine beträchtliche Zahl abfafste, einen grofsen Ruf. Gegen die herrschende Sitte der Zeit schrieb er sie alle in deutscher Sprache, obwohl meist mit halb lateinischen halb deutschen Titeln, und das mag wohl mit zu deren Popularisirung beigetragen haben; auch wurden sie ins Französische und Englische übersetzt. Eine derselben: *Neue philosophische Oefen oder Beschreibung einer neuen Destillirkunst, Amsterdam 1648*, ist auch für den Physiker von Interesse, indem darin der erste Fall einer Verdichtung zweier Metalle bei ihrer Zusammenschmelzung vorkommt. Er gofs in einerlei Kugelform 2 Kugeln von Kupfer und 2 Kugeln von Zinn, schmolz diese 4 Kugeln zusammen, und suchte nun wieder aus der Mischung Kugeln zu giefsen in derselben Form. Obwohl, wie er angiebt, nichts verloren ging, erhielt er zuletzt nur 3 Kugeln! **Galilei** und Andere kannten die Verdichtung beim Mischen der Körper noch nicht.

In einer anderen Schrift: *Deutschlands Wohlfahrt, Amsterdam 1656* zeigt sich uns **Glauber** von patriotischer Seite, indem er dringend zur Industrie auffordert und sehr dagegen eifert, dafs man Blei, Kupfer, Pottasche und andere Rohprodukte ausführe, um dafür Artefakta wie Bleiweifs, Grünspan, Glas u. a. m. zu hohen Preisen vom Auslande wieder einzulösen.

Johann Joachim Becher, geb. 1635 zu Speier als Sohn eines protestantischen Geistlichen, und gest. 1682 in London. Eine Zeit lang war er Prof. der Medicin in Mainz, dann hielt er sich in München auf, den gröfsten Theil seines Lebens aber verbrachte er auf Reisen in Italien, Holland, England, Schottland und Schweden, weshalb er denn auch im Ganzen wenig Arbeiten lieferte, die Ruhe und Zeit erfordern.

---

[1]) Höfer, Hist. de la Chimie II 192.

Zwei Dinge haben jedoch seinen Namen erhalten, zunächst seine *Physica subterranea, Francof. 1669,* ein Werk, das noch gegenwärtig citirt wird, und dann der Umstand, daſs der berühmte **Stahl**, der Gründer der ersten allgemeinen chemischen Theorie, des phlogistischen Systems, das trotz seiner inneren Haltlosigkeit einen so mächtigen Einfluſs auf den Fortgang der Chemie gehabt hat, sein Schüler war. Man sagt, daſs **Stahl** einen Theil seiner Ideen aus den Lehren von **Becher** geschöpft habe.

198. Ungleich höheren Ruhm als **Becher** erlangte unter den Zeitgenossen **Johann Kunckel von Löwenstjern.** Er war der Sohn eines Goldarbeiters, und geb. 1638 zu Hütten bei Rendsburg. Durch die Apothekerkunst, der er sich widmete, kam er auf die Chemie, in der er bald soviel Kenntniſs und Geschicklichkeit erwarb, daſs er zu einem seltenen Ansehn gelangte. Theils als Apotheker, theils als Laborant, theils als Alchemist, wurde er von einem Hof an den andern berufen, und mit Ehren und einträglichen Gehalten belohnt. So diente er successive den Herzögen Franz Karl und Julius Heinrich von Lauenburg, dem Kurfürst Joh. Georg II. von Sachsen, dem Kurfürst Friedrich Wilhelm von Brandenburg und zuletzt dem König Karl XI. von Schweden, der ihm 1690 die oberste Leitung des Bergwesens in seinem Reich anvertraute, und ihn unter Verleihung des Namens **von Löwenstjern** in den Adelstand erhob. Er starb 1703 zu Dreiſsighufen, seinem Landgut bei Pernau in Livland.

Wenngleich **Kunckel** auch, entweder aus Ueberzeugung oder aus Lebensklugheit, nicht ganz die alchemistischen Lehren verwarf, so muſs man doch anerkennen, daſs er, wenigstens in späterer Zeit, das Unhaltbare mancher dieser Träumereien aufdeckte. In seinem *Laboratorium chymicum,* welches 1716 nach seinem Tode zu Hamburg und Leipzig herauskam und eines seiner Hauptwerke ist, erklärte er, daſs es keine Transmutationen oder Metallverwandlungen gebe, daſs das angebliche allgemeine Auf-

lösungsmittel Alkahest (ob von Alkali oder Allgeist, sicher All Lügen ist!) ein Unding sei.

Entschiedenes Verdienst hat **Kunckel** um mehrere Zweige der technischen Chemie. Er ist Erfinder des sogenannten Rubinglases, des mit Gold rubinroth gefärbten Glases, dessen Bereitung bis in die neueste Zeit ein Geheimnifs gewesen ist. Wie er selbst erzählt, kam er auf diese Erfindung dadurch, dafs ein hamburger Arzt, **Andreas Cassius**, der zugleich Leibarzt des Bischofs von Lübeck war, vermuthlich durch **Glauber** darauf gebracht, mit Zinnlösung einen purpurrothen Goldniederschlag bereitet hatte. Es ist dies der sogen. **Cassius**'sche Goldpurpur, dessen Darstellung von dem Sohne des angeblichen Erfinders, der auch **Andreas** hiefs und Arzt in Lübeck war, im J. 1685 beschrieben ward, ohne dafs man mit Gewifsheit sagen kann, ob er oder der Vater grade dieses Präparat erfunden habe. **Cassius** versuchte seinen Purpur zur Färbung des Glases anzuwenden, was aber mifslang.

Dies gab nun **Kunckel** Veranlassung sich mit der Aufgabe zu befassen, und er war bald so glücklich, sie vollständig zu lösen, was ihm ansehnlichen Gewinn brachte. Der Kurfürst Friedrich Wilhelm machte ihm für das erste Glas ein Geschenk von 100 Dukaten, und der Kurfürst von Köln, für den er auf Bestellung einen grofsen Pokal von 24 Pfund Gewicht aus diesem rothen Glase anfertigte, bezahlte denselben mit 800 Reichsthalern. In den ersten Zeiten verkaufte **Kunckel** das Loth der rothen Glasmasse nicht unter 4 Thaler! [1])

Das von **Kunckel** bereitete Goldglas ist in physikalischer und chemischer Hinsicht eine sehr merkwürdige Substanz, und wenn er es auch nicht zuerst dargestellt haben sollte, so gebührt ihm doch das Verdienst, die Kenntnifs und Anwendung desselben verbreitet zu haben, denn schwerlich hat vor ihm irgend Jemand Gefäfse daraus verfertigt. Es beschreibt nämlich auch **Glauber** in seinen phi-

[1]) Joh. Fr. Gmelin, Gesch. d. Chemie II, 165. 166.

losophischen Oefen ein derartiges Produkt, er fällte aber die Goldlösung mit Liquor silicum ohne Zinn [1]). Nach Einigen soll sogar den Alten das Rubinglas nicht ganz unbekannt gewesen sein (?).

Kunckel befaſste sich auch noch anderweitig mit der Glasmacherkunst, und schrieb darüber *Ars vitraria experimentalis oder vollkommene Glasmacherkunst, Frankf. und Linz 1679.* Er beschreibt darin das Avanturinglas, bis dahin ein Geheimniſs der Venetianer, auch enthält das Werk einen Kommentar zu **Neri**. Dieser **Antonio Neri**, ein florentiner Priester, sammelte auf Reisen in Italien und den Niederlanden interessante Nachrichten über Bereitung von Emailen, farbigen Gläsern, künstlichen Edelsteinen und Metallspiegeln, worüber er ein Werk schrieb: *L'arte vetraria distinta in libri sette, Firenze 1612*, was sehr groſsen Ruf erlangte. Florenz, Venedig und Antwerpen waren damals berühmt wegen ihrer Glasfabrikation.

199. Ein anderes Verdienst von **Kunckel** besteht darin, daſs er den Phosphor, das erste neue nicht metallische Element seit der Zeit der Alten, gleichsam zum zweiten Male entdeckte, und die Chemiker mit dessen Darstellung bekannt machte. Wie schon erwähnt (§ 178) war dieser merkwürdige Körper im J. 1669 von einem hamburger Kaufmann **Brand** entdeckt worden, als derselbe, um seinen zerrütteten Vermögensumständen wieder aufzuhelfen, sich in alchemistische Experimente eingelassen hatte.

Bei einer Anwesenheit in Hamburg erfuhr **Kunckel** von einem Freund, daſs **Brand** einen im Dunkeln leuchtenden Körper entdeckt habe. **Kunckel** begab sich zu ihm und suchte die Darstellung dieses Körpers zu erfahren, allein **Brand** machte ein Geheimniſs daraus, weil er, wie sich später ergab, die Bereitungsweise dem gleichzeitig in Hamburg anwesenden Dr. **Kraft** aus Dresden für 200 Thaler verkauft hatte. Nach mancherlei späteren aber immer vergeblichen Verhandlungen mit **Brand** erfuhr **Kunckel**

---

[1]) **Höfer**, Hist. de la Chimie II, 197.

doch so viel, dafs derselbe viel mit dem Urin experimentirt habe, und dies war ihm Fingerzeig genug, die Entdeckung zum zweiten Male zu machen.

Leibnitz, der im ersten Bande der Denkschriften der berliner Akademie eine Geschichte der Entdeckung des Phosphors schrieb, hat wohl **Kunckel** die Ehre der zweiten Entdeckung streitig machen wollen, aber das Zeugnifs von **Stahl** hebt doch den Zweifel, und verdient um so mehr Zutrauen, als aus allen Details erhellt, dafs **Brand** ein Mann ohne alle chemische Kenntnisse war, und nicht einmal im Stande den Phosphor stets und mit Sicherheit darzustellen.

Der erwähnte Dr. **Kraft** aus Dresden theilte das von **Brand** erkaufte Geheimnifs dem berühmten **Robert Boyle** mit, welcher nun zuerst in England Phosphor bereitete, später auch von einem gewissen **Gottf. Hankwitz** in London bereiten und verkaufen liefs. **Boyle** ist dadurch bei seinen Landsleuten in den Ruf der Entdeckung dieses Körpers gekommen, aber ebenso mit Unrecht wie in den der Erfindung der Luftpumpe [1]). **Boyle** deponirte 1680 die Vorschrift der Darstellung des Phosphors beim Sekretariat der königl. Gesellschaft mit der Bestimmung, dafs sie erst nach seinem Tode veröffentlicht werde, was 1692 in den Philosoph. Transactions geschah (§ 209).

Auch **Kunckel** theilte das Verfahren zur Darstellung des Phosphors einigen Personen mit, u. A. dem seiner Zeit so berühmten Chemiker **Homberg**, durch den der neue Körper in Frankreich bekannt wurde, allein er beschrieb das Verfahren nicht in seinem oben genannten Laboratorium chymicum aus Besorgnifs, es möchte die allgemeinere Kenntnifs desselben Anlafs zu Brandstiftungen geben.

Aus **Kunckel's** Zeitalter würde ich noch eine ganz beträchtliche Zahl von Aerzten, Pharmaceuten, Technikern und Alchemisten zu nennen haben, wenn es in meinem Plane läge eine vollständige Geschichte der Chemie zu

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. III, 187.

liefern. Da dieses aber nicht der Fall ist, so will ich bei den bereits angeführten stehen bleiben; es sind die bedeutendsten von ihnen, und ihre Schriften reichen hin sich vom Zustand der Chemie des XVII. Jahrhunderts ein richtiges Bild zu entwerfen. Sie liefern den Beweis, daſs die Chemie in jener Zeit zwar noch ohne rechte Wissenschaftlichkeit, aber doch mit relativ bedeutendem Eifer und groſser Verbreitung bei uns betrieben wurde.

Wir wollen uns nun nach England und Frankreich wenden, um die Ausbildung der Physik im engeren Sinne des Worts in diesen Ländern weiter zu verfolgen.

Royal Society.

200. Mitten in dem bürgerlichen Kriege, der in England zwischen König und Parlament ausgebrochen war, im J. 1645 trat bereits zu London eine kleine Gesellschaft von Männern zusammen, um ihre Erholung und ihren Trost über das damalige Elend des Landes in der Unterhaltung über naturwissenschaftliche Gegenstände zu suchen. Drei Jahre darauf, also 1648, ging ein Theil der Gesellschaft nach Oxford, und setzte daselbst seine Zusammenkünfte im Hause des Apothekers **Cross** fort. In diesem Hause wohnte damals der berühmte **Robert Boyle**, und dies gab Veranlassung, daſs er sowohl wie der geistreiche **Robert Hooke**, der mit **Boyle** in gemeinschaftlichen Arbeiten beschäftigt war, sich der Gesellschaft anschlossen. Im J. 1659 kehrte der gröſste Theil der oxforder Mitglieder wieder nach London zurück, und vereinigte sich wiederum mit dem daselbst verbliebenen Theil der Gesellschaft.

Diese Gesellschaft hielt regelmäſsig alle Donnerstag Versammlungen, und wuchs ansehnlich durch den Beitritt von wissenschaftlichen Notabilitäten aus bürgerlichem und adligem Stande. Die meisten Mitglieder waren Tories, d. h. sie hielten es mit der königlichen Parthei, und hatten daher alle Ursache sich während Cromwell's Protektorat möglichst still zu verhalten. Man nannte die Gesellschaft daher insgemein das unsichtbare Kollegium. Als indeſs

Cromwell 1658 gestorben war, und nach der bald darauf 1659 erfolgenden Abdankung seines Sohnes Richard in Karl II. dem Sohne des 1649 enthaupteten Karl I. die alte Dynastie wiederum auf den Thron gelangte, trat die Gesellschaft aus ihrer Verborgenheit hervor, und konstituirte sich öffentlich am 18. November 1660. Zwei Jahre darauf am 15. Juli 1662 erhielt die Gesellschaft die königliche Bestätigung und damit das Recht, sich königliche Gesellschaft von London nennen zu dürfen. Lord **Brouncker**, Kanzler und Grofs-Siegelbewahrer unter Elisabeth, wurde der erste Präsident der Gesellschaft, die in der Liste ihrer Mitglieder die Namen von **Boyle**, **Hooke**, **Wren**, **Ward**, **Wilkins** und anderen berühmten Männern aufzuweisen hat.

Einige Engländer haben wohl dem Lord **Baco** die Idee der Bildung dieser Körperschaft vindiciren wollen, weil er in einer Fabel: *Die neue Atlantis* den Plan zu einer Gesellschaft oder Akademie der Wissenschaften entwickelt hat; allein man hat ihm hierin zu viel Ehre angethan, denn der Gedanke sich mit unterrichteten Männern zur Förderung naturwissenschaftlicher Zwecke zu verbinden war ausgegangen von **Theodor Haak**, der 1605 zu Neuhausen bei Worms geboren war, in Oxford und Cambridge Theologie studirt hatte, und später Diakonus des Bischofs von Exeter Jos. Hall gewesen ist; er starb 1690 zu London.

Die weitere Anregung zur Bildung der londoner Gesellschaft gab wohl Italien, und namentlich war es die Accademia del Cimento, die man zum Muster nahm, indem man die Untersuchungen gemeinschaftlich betrieb, und dabei ausschliefslich den Weg der Erfahrung einschlug. Man verfolgte diese Richtung in der ersten Zeit bis zur Einseitigkeit, indem man aller Theorie entsagte, und sich blofs auf das Sammeln von Thatsachen legte. Erst als einige ausgezeichnete Mitglieder, namentlich **Newton**, die mathematische Spekulation an die Ergebnisse der Erfahrung anzuknüpfen lehrten, fing man an diese höhere Richtung des Naturstudiums zu achten und zu verfolgen. Indefs ist eine gewisse Abneigung gegen die Theorie bei grofser Treue und Sorgfalt in Beobachtungen bis auf den

heutigen Tag ein vorwaltender Zug in der Naturforschung der Engländer geblieben, als deren Typus man eben die Leistungen der königl. Gesellschaft betrachten kann.

Im J. 1665 begann die Gesellschaft die Arbeiten ihrer Mitglieder durch den Druck bekannt zu machen unter dem Titel: *Philosophical Transactions,* den sie bis auf den heutigen Tag behalten haben, und den man im Deutschen durch *Physikalische Verhandlungen* wieder geben mufs, weil die Engländer unter Natural Philosophy oder Naturphilosophie das verstehen, was wir Physik nennen. Solcher Transactions hat die Gesellschaft meist jährlich einen Band herausgegeben, so dafs die ganze Sammlung bis zum J. 1844 nicht weniger als 138 Quartanten umfafst, bis zum J. 1852 dagegen 146 und bis 1860 auf 154 Bände kommt.

Die Anzahl der in dieser voluminösen Sammlung niedergelegten Thatsachen ist aufserordentlich, und man hat daher schon im vorigen Jahrhundert für nöthig erachtet, das Wichtigere von ihnen in Auszügen zusammen zu stellen. Auch diese Auszüge bilden bändereiche Werke, unter denen der im J. 1809 von **Hutton**, **Shaw** und **Pearson** angefangene der vorzüglichste ist, welcher die Zeit von 1665 bis 1800 umfafst, und 18 Quartbände bildet.

Die Mitglieder der londoner Gesellschaft beziehen, obwohl sie königlich heifst, kein Gehalt vom Staat, sondern zahlen im Gegentheil einen nicht unbedeutenden Geldbeitrag. Die Gesellschaft hat sich dadurch eine gewisse Unabhängigkeit bewahrt, hat aber dafür mit dem Nachtheil zu kämpfen, dafs des pekuniären Interesses und anderer Rücksichten wegen Personen zu Mitgliedern aufgenommen werden, die nur sehr geringe, oft gar keine wissenschaftliche Qualifikationen besitzen. Im J. 1830 zählte die Gesellschaft, die bei ihrem Anfang nur 55 Mitglieder hatte, deren 714, von denen nur 109 etwas zu den Schriften beigetragen hatten, 37 der letzteren sogar nur einen einzigen Aufsatz.

Diese und andere Mängel sind neuerdings von **Babbage** in einer eigenen Schrift: *Ueber den Verfall der Wissen-*

schaften in England, Lond. 1830 speciell auseinander gesetzt, aber wohl in einem zu trüben Lichte dargestellt. Wenn auch $\frac{6}{7}$ der Mitglieder nur eine stumme Rolle in der Gesellschaft spielen, so ist es doch andererseits ein erfreulicher Zug, dafs die Vornehmen und Begüterten des Landes eine Ehre darein setzen ihre Namen einer gelehrten Gesellschaft einverleibt zu sehen, und dafür den Geldbeitrag nicht scheuen. Es ist dies in einem Lande wie Grofsbritannien sogar eine Nothwendigkeit, da die Regierung, wenige Fälle abgerechnet, grundsätzlich nichts zur Erhaltung der Wissenschaften beisteuert. Ueberdies ist es ein geschichtliches Faktum, dafs der Glanz aller Gesellschaften von einzelnen thätigen und reichbegabten Mitgliedern ausgeht, und an solchen hat es der Royal Society in London niemals gefehlt. Zu allen Zeiten, freilich früher mehr als jetzt, hat sie Männer zu den ihrigen gezählt, welche die Wissenschaft durch wahrhaft grofse Entdeckungen bereicherten.

Pariser Akademie.

201. Das zweite Institut, dessen Stiftung das letzte Drittel des XVII. Jahrhunderts auszeichnet, nicht allein als ein Zeichen des Fortschritts der Wissenschaften an sich, sondern auch der Anerkennung ihres hohen Werthes von Seiten der Regierungen, ist die Akademie der Wissenschaften zu Paris. Sie kam unter Ludwig XIV. in der glänzendsten Epoche seiner Regierung, kurze Zeit nach dem pyrenäischen Frieden durch **Colbert** zu Stande, und wurde im J. 1666 gegründet.

Anfangs bestand sie nur aus sieben Mitgliedern: **Carcavi, Huyghens, Roberval, Frénicle, Auzout, Picard** und **Buot**, lauter Mathematiker und Physico-Mathematiker, denen aber sehr bald noch andere in der Wissenschaft glänzende Männer hinzutraten, zum Theil aus Italien berufen, wie **Domenico Cassini, Maraldi** u. A.

Auch in Paris existirte schon lange vor der Akademie eine Gesellschaft, die man als Keim derselben betrachten

kann. Es war die Gesellschaft, welche sich vom J. 1635 an beim Pater **Mersenne** versammelte, und später von den Herren **Montmor** und **Thévenot** geleitet wurde. **Duhamel** meint sogar in seiner Geschichte der pariser Akademie, diese Gesellschaft habe zu der Royal Society in London Anlafs gegeben, was aber ein Irrthum ist [1]).

Es ist auch zu bemerken, dafs vor der Gründung der pariser Akademie der Wissenschaften im J. 1666 schon andere Akademien in Paris existirten; so z. B. die Academie française, deren Zweck auf die Reinigung und Vervollkommnung der französischen Sprache gerichtet ist, ein Nachbild der Accademia della Crusca in Rom. Sie wurde 1635 vom Kardinal **Richelieu** gegründet oder vielmehr bestätigt, da schon 1634 ein Privatmann **Valentin Conrard** zu ihr den Grund gelegt hatte. Noch älter ist zu Paris die Akademie der Malerei und Bildnerei, welche ihren Anfang schon zu Ende des XIV. Jahrhunderts nahm, und successive von Carl VII. im J. 1430, und von Heinrich III. im J. 1584 bestätigt und erweitert wurde. Selbst **Colbert** stiftete vor der Akademie der Wissenschaften noch eine andere Akademie, nämlich im J. 1663 die der Inskriptionen und Medaillen, welche man die kleine Akademie zu nennen pflegte, weil sie anfänglich nur aus vier Mitgliedern bestand.

Alle diese Akademien wurden aber bald durch die Akademie der Wissenschaften verdunkelt, die sich in kurzer Zeit zu dem ersten Institut ihrer Art erhob, nicht allein auf dem Kontinent, sondern in ganz Europa, wiewohl die londoner Gesellschaft in manchen Dingen immer eine glückliche Nebenbuhlerin von derselben geblieben ist. Im J. 1699 wurde die Akademie reorganisirt, und sie erhielt dabei die Einrichtung, die sie im Wesentlichen bis zur Zeit der französischen Revolution beibehalten hat.

Bis dahin waren die Arbeiten sehr unregelmäfsig und zerstreut publicirt, theils in **Duhamel**'s *Historia regiae scientiarum academiae, Par. 1698,* theils in dem *Journal des*

---

[1]) Birch, History of the Royal Society, London 1756.

savants, einer im J. 1665 von **De Sallo** gegründeten Zeitschrift nach Art unserer Acta Eruditorum, denen sie auch zum Vorbild gedient hat. **De Sallo** war Parlamentsrath in Paris, und das von ihm geschaffene Journal des sav. bestand bis 1790 ohne Unterbrechung, dann ging es ein, wurde aber 1816 wiederhergestellt und besteht noch.

Seit dem J. 1699 gab die Akademie aber eigene Denkschriften heraus, jährlich einen Quartband, und sie lieferte sogar die früheren Arbeiten in besonderen Bänden nach. Bis zum J. 1793 erschienen daher:

11	Bände	der früheren Abhandlungen von	1666—1699,
92	-	- - -	1699—1790,
11	-	von Abhandlungen fremder Gelehrten,	
9	-	Kupfertafeln,	
7	-	Maschinen,	
130	Bände.		

Im J. 1793 nahm diese Akademie ein Ende, da der National-Konvent das Gesetz, wodurch alle Korporationen für aufgehoben erklärt wurden, auch auf sie anwandte. Diese ältere Akademie hat sich nicht allein ausgezeichnet durch treffliche Arbeiten ihrer einzelnen Mitglieder, sondern auch durch große Unternehmungen, die sie durch Kommissionen, aus ihrer Mitte erwählt, hat ausführen lassen. Dadurch und durch das Richteramt, welches sie zugleich in den ihrem Wirkungskreise angewiesenen Wissenschaften verwaltete, hat sie einen großen und heilsamen Einfluß auf die Ausbildung des Naturstudiums ausgeübt, und namentlich Frankreich vor manchen Verirrungen und Abwegen in der Naturforschung bewahrt, welche anderswo z. B. in Deutschland, wo keine solche wissenschaftliche Behörde die Bestrebungen des größeren Publikums leitete, bis in die neueste Zeit viel Unheil angerichtet oder mindestens viel Unsinniges und Nutzloses zu Tage gefördert haben.

Noch während der Revolution am 20. November 1795 wurden die aufgehobenen pariser Akademien wieder hergestellt, reorganisirt und zu einer einzigen Körperschaft

vereinigt unter dem Titel: *Institut national des sciences et des arts.* Es zerfiel in 4 Klassen:

1) für physikalische u. mathematische Wissenschaften,
2) - französische Sprache und Literatur,
3) - Geschichte und fremde Literatur,
4) - schöne Künste.

Nach der Restauration im J. 1816 wurde diese Einrichtung etwas verändert, der Name Institut, wenigstens als Institut royal de France beibehalten, die Klassen des früheren Instituts zu Akademien erhoben, denen später noch eine fünfte für Moral und Politik hinzugefügt ward.

Die dritte dieser Akademien ist die der Wissenschaften; sie hat die meisten Mitglieder und nimmt, was Ansehn in Frankreich und im Auslande betrifft, unstreitig auch jetzt den ersten Rang unter ihren Schwestern ein. Statutenmäfsig zählt sie 65 Mitglieder getheilt in 11 Sektionen, nämlich:

1) Geometrie (Math.),
2) Mechanik,
3) Astronomie,
4) Geographie u. Nautik,
5) Physik,
6) Chemie,
7) Mineralogie,
8) Botanik,
9) Landwirthschaft
10) Anatomie und Zoologie,
11) Medicin.

Dies Institut, oder wenigstens die mathematisch-naturwissenschaftliche Abtheilung desselben, ist die würdige Nachfolgerin der älteren Akademie geworden. Sie hat sowohl während der Republik und des Kaiserreichs, als auch während des ersten Decenniums der Restauration eine so grofse Anzahl der hervorragendsten Männer unter ihren Mitgliedern aufzuweisen gehabt, dafs schwerlich zu glauben steht, es werde für Frankreich sobald wieder eine so glänzende und fruchtbare Periode in den exakten Wissenschaften zurückkehren. Der jetzige Zustand kommt dem früheren bei weitem nicht gleich. Eine beträchtliche Anzahl jener grofsen Männer ist nicht mehr am Leben, ein anderer Theil lebt zwar noch, ist aber für die Wissen-

schaft so gut wie todt, und der junge Nachschufs steht an Zahl sowohl wie an Geist jenen Alten bedeutend nach.

Nach dem Vorbild der drei eben besprochenen Institute, der londoner Gesellschaft, der leopoldinischen und der pariser Akademie, welche allein sich aus der älteren Zeit bis auf die Gegenwart erhalten haben, sind nach und nach die vielen Gesellschaften und Akademien entstanden, welche wir gegenwärtig vorfinden. Fast jeder Staat hat wenigstens eine Akademie oder gelehrte Gesellschaft, und sie werden fast ebenso als ein Requisit der Residenzen angesehn, wie Museen, Kunstvereine und Theater. Die Zahl derselben ist so grofs, dafs es ein vergebliches Bemühen sein würde sie alle aufzählen zu wollen, auch mufs man gestehen, dafs viele darunter sind, deren Leistungen nicht über die Provinz oder Landschaft hinausgehen, zu deren Nutzen sie gestiftet worden sind. Zu den bedeutenderen Instituten der Art gehören die folgenden, bei welchen dem Wohnsitz das Stiftungsjahr hinzugesetzt ist:

Berlin	1700	Kopenhagen	1743	München	1759
Bologna	1712	Göttingen	1750	Turin	1760
Petersburg	1725	Edinburg	1754	Brüssel	1769
Upsala	1725	Erfurt	1754	Dublin	1782
Stockholm	1739	Mannheim	1755	Societ. Ital.	1782
		Wien	1848.		

Sternwarten.

202. Mit der Stiftung der von den Regierungen sanktionirten gelehrten Gesellschaften und Akademien ging Hand in Hand die Gründung der permanenten und wohl fundirten Sternwarten.

Ganz neu sind diese Institute freilich nicht; Chaldäer, Aegypter, Inder und Chinesen hatten lange vor den Europäern feste Sternwarten. Mohamed Schah liefs gegen Ende des XVI. Jahrhunderts in der Absicht den Kalender durch astronomische Beobachtungen zu berichtigen mit einem Male fünf Sternwarten in Hindostan errichten, zu Delhi, Benares, Matra, Oujein und Suvay Jeypoor, deren

Ueberbleibsel zum Theil noch existiren. Es sind kolossale Gebäude, alle nach einem Muster erbaut, in oder auf welchen die Beobachtungen an verschiedenen aus Stein aufgeführten Sonnenuhren von ungeheurer Gröfse angestellt wurden.

Auch Sternwarten in neuerem Sinn waren schon gegründet worden, jedoch noch ohne Mefswerkzeuge mit Fernröhren, da diese damals noch nicht erfunden waren. Die erste dieser Art war die, welche Landgraf Wilhelm IV. (gest. 1592) zu Kassel 1561 errichten liefs. Er selbst war Liebhaber der Astronomie, und mit ihm beobachteten die Mathematiker **Rothmann** und **Byrg**, dieser ein Schweizer, der gewöhnlich als Erfinder der gemeinen Logarithmen angesehen wird. Fünfzehn Jahre später erhob sich auf der kleinen Insel Hven im Sunde die Sternwarte, auf welcher **Tycho Brahe** eine so grofse Reihe wichtiger Beobachtungen anstellte (§ 66), und die theils wegen ihrer Einrichtung und Instrumente, theils durch den Ruf ihres Vorstehers veranlafst, als ein wahres Wunder der Zeit angestaunt wurde. Ihre Grundsteinlegung erfolgte am 8. August 1576.

Aber diese Sternwarten waren doch nur als Privat-Institute zu betrachten, da sie denn auch eingingen, sobald ihre Gründer entweder durch den Tod oder wie **Tycho Brahe** durch Zeitverhältnisse ihrem Wirkungskreis entrissen wurden, und sie können ebenso wenig wie jene orientalischen Observatorien mit unsern heutigen öffentlichen Sternwarten verglichen werden. Diese letzteren nehmen ihren Ursprung mit der Gründung jener gelehrten Körperschaften am Ufer der Seine und Themse.

Die älteste darunter ist die pariser Sternwarte, welche ein Jahr nach der Gründung der Akademie, d. h. 1667 angefangen und 1672 vollendet wurde; **Domenico Cassini** war der erste Astronom daran. Ihr folgte die Sternwarte zu Greenwich, welche sich in der praktischen Astronomie einen noch höheren Ruf erworben hat. Die Grundsteinlegung geschah unter Karl II. auf einem hochgelegenen

Theil des Parks von Greenwich am 10. August 1675. Sieben ausgezeichnete Männer haben daran als sogenannte königliche Astronomen bis jetzt fungirt:

Flamsted	bis 1719	**Maskelyne**	bis 1811
Halley	- 1742	**Pond**	- 1836
Bradley	- 1762	**Airy**	noch gegenwärtig.
Bliss	- 1764		

Die berliner Sternwarte wurde in den Jahren 1700 bis 1706 erbaut und eingerichtet, und **Gottfr. Kirch** aus Guben war ihr erster Direktor, der aber schon 1710 starb (§ 196).

Boyle.

203. Nach dieser Episode wollen wir nun wieder zum XVII. Jahrhundert zurückkehren und den Faden dort aufnehmen, wo wir ihn haben liegen lassen. Die Männer, welche wir nun zu betrachten haben, waren mit wenigen Ausnahmen Mitglieder der beiden gelehrten Korporationen in Paris und London. Ihre Arbeiten greifen aufs Mannichfaltigste in einander, und drängen sich in einen Zeitraum von wenigen Decennien zusammen. Aus diesen Gründen ist es nicht rathsam sie nach der Nationalität zu sondern, oder bei der Betrachtung rein den chronologischen Gesichtspunkt festzuhalten; es würden dadurch verwandte Arbeiten sehr auseinander gerissen und man übersähe nicht, wie sie oft auf einander eingewirkt haben. Ich werde daher die Männer, welche nunmehr den Schauplatz betreten, in der Folge vorführen, wie sie sich durch den inneren Zusammenhang ihrer Untersuchungen am natürlichsten an einander reihen, und demnach mit **Robert Boyle** den Anfang machen, dessen Leistungen im engsten Anschlufs stehen an die der florentiner Physiker und die unseres Landsmanns **O. v. Guericke.** Machen wir uns zunächst etwas mit seinen persönlichen Verhältnissen bekannt.

Robert Boyle war der siebente Sohn und das vorletzte der 15 Kinder des Grafen **Richard Boyle** von Cork, eines

Mannes von ausgezeichneter Persönlichkeit, der gewöhnlich der grofse Graf von Cork genannt wurde, und das protestantische englische Interesse mit solcher Energie und Geschicklichkeit beförderte, dafs Cromwell von ihm sagte, wenn er in jeder Provinz einen Mann wie **Boyle** gehabt hätte, die irische Rebellion niemals ausgebrochen sein würde.

Der junge **Boyle**, geb. 1626 am 25. Januar zu Lismore in der Grafschaft Cork, wurde sorgfältig und streng nach den Grundsätzen der anglikanischen Kirche erzogen, was auf sein ganzes Leben von bleibendem Einflufs war. Um seine Bildung zu vollenden schickte ihn der Vater unter Aufsicht eines Hofmeisters im J. 1638 nach Genf, wo er einige Jahre blieb, hierauf liefs er ihn eine Reise nach Italien und dem südlichen Frankreich machen. **Robert Boyle**, eben ein 16 jähriger Jüngling, war grade in Florenz, als **Galilei** auf seinem Landgut bei Arcetri starb.

Im J. 1644 nach dem Tode seines Vaters, der ihn in den Besitz eines sehr bedeutenden Vermögens setzte, kehrte er nach England zurück, und schlug bald hernach seinen Wohnsitz auf einem Landgute bei Stallbridge in Dorsetshire auf. In dieser ländlichen Zurückgezogenheit beschäftigte er sich vorzugsweise mit philosophischen und theologischen Studien, für die er bis zu seinem Lebensende eine grofse Neigung behielt. Seine Erziehung, sein zur Schwermuth und Phantasie hinneigendes Gemüth, der Geist der Zeit, in welcher er lebte, alles dies gab ihm eine religiöse Richtung, wie sie heut zu Tage aufserhalb England nur selten angetroffen wird, dort aber selbst bei Naturforschern ziemlich häufig ist.

Als Beweis dieser Richtung, die er für sein ganzes Leben behielt, will ich nur anführen, dafs er, um die Bibel in der Ursprache lesen zu können, orientalische Sprachen studirte, dafs er selbst mehrere theologische und religiöse Schriften herausgab, dafs er die Bibel ins Irische, Gälische, Malayische und Türkische übersetzen liefs, und dafür an 5000 Thaler verwendete, dafs er zu den Missionen in

Amerika über 2000 Thaler beisteuerte, und dafs er in seinem Testament eine Rente von 350 Thalern aussetzte, damit dafür acht Predigten im Jahr über die Wahrheiten des Christenthums gehalten würden. Die Uebersetzung der Bibel ins Malayische hatte darin ihren Anlafs, dafs **Boyle** mehrere Jahre einer der Direktoren der ostindischen Kompagnie war. Dieser religiöse Eifer machte ihn in Glaubenssachen etwas unduldsam, sonst war er bescheiden, und nicht blofs dem Namen sondern auch der That nach ein Christ.

Im J. 1654 zog er nach Oxford, und diese Uebersiedelung gewann ihn für die Naturwissenschaften, denen er sich von nun an mit so unermüdlichem Eifer hingab. Vermuthlich waren es die Zusammenkünfte und Verhandlungen des unsichtbaren Kollegiums, welche ihn auf diese neue Bahn leiteten, und der Umstand, dafs dieselben in dem Hause des Apothekers Crofs gehalten wurden, mag auch wohl Veranlassung gegeben haben, dafs er daselbst seine Wohnung nahm, und grade für Chemie ein specielles Interesse fafste.

Boyle schlofs sich diesem Kollegium an, und blieb auch Mitglied desselben, als es wieder nach London zog, und sich daselbst öffentlich als Royal Society konstituirte. Er selbst blieb aber noch geraume Zeit in Oxford wohnen, und erst im J. 1668 verlegte er seinen Wohnsitz nach London. Hier führte er denn ein stilles Privatleben 23 Jahre lang, unablässig seine Zeit theilend zwischen religiösen Bestrebungen und physikalischen Untersuchungen. 1680 wurde er zum Präsidenten der Royal Society erwählt, er lehnte aber die Ehre ab.

Er starb unverheirathet im 65. Jahre seines Lebens am 30. Dec. 1691, sieben Tage nach seiner Schwester Lady Ranelagh, mit welcher er 47 Jahre zusammengewohnt hatte. Seine Ueberreste wurden in der Westminster-Abtey beigesetzt.[1])

---

[1]) Edinburgh Encyclopädie, Vol. IV.

204. **Rob. Boyle** wird häufig von seinen Landsleuten der große Experimentator genannt, und in der That verdient er diesen Namen; denn wiewohl das sorgfältige und unermüdliche Beobachten immer ein vorwaltender und lobenswerther Zug bei englischen Naturforschern gewesen ist, so möchte es doch unter ihnen, wenn man etwa **Priestley** ausnimmt, keinen gegeben haben, der eine so große Masse von Thatsachen ans Licht gefördert hat, als eben **Boyle**. Er hat dadurch der Wissenschaft für seine Zeit einen außerordentlichen Vorschub geleistet; allein da die meisten der von ihm aufgefundenen Thatsachen im Fortgang der Wissenschaft an Werth verloren haben, oder unter allgemeinere Gesichtspunkte gestellt worden sind, so hat sich sein Andenken, gleich dem von **Priestley**, in der Wissenschaft weniger erhalten, als das von andern Männern, welche, ohne den Thatbestand der Wissenschaft so massenhaft erweitert zu haben, durch ihre Ideen und Untersuchungen neue Bahn brachen, und das Gebiet der Forschung intensiv erweiterten. In diese Klasse von Physikern, zu welcher wir Männer wie **Galilei**, **Keppler**, **Huyghens**, **Newton** zählen müssen, kann **Boyle** nicht versetzt werden, aber anzuerkennen ist, daß er an den Fortschritten der Experimental-Physik einen wesentlichen Antheil gehabt hat.

Boyle's Werke sind ungemein zahlreich; sie sind nach seinem Tode gesammelt und unter dem Titel: *Opera omnia philosophica et chemica* mehrmals herausgegeben. Die vollständigste Ausgabe, 1744 in englischer Sprache erschienen, umfaßt 5 Foliobände, und davon ist wieder ein Auszug gemacht worden, der 3 Quartanten füllt. Dessenungeachtet hat man kein ganz vollständiges und chronologisch geordnetes Verzeichniß seiner Schriften, da einige durch Feuersbrunst verloren gingen, andere gestohlen, noch andere durch Säuren zerstört wurden.[1])

---

[1]) J. F. Gmelin, Gesch. d. Chemie II, 99; Edinb. Encyclop. IV, 385.

Einen Hauptgegenstand der physikalischen Arbeiten **Boyle's** bildeten Versuche mit der Luftpumpe. Diese spielte damals bei den Beschäftigungen der Physiker ungefähr dieselbe Rolle, wie späterhin die Elektrisirmaschine und die voltasche Säule. Jeder Körper wurde unter die Luftpumpe gebracht, jedes Experiment im Vakuum wiederholt, um zu sehen, was sich Neues dabei zeigen würde. Indefs mufs man **Boyle** das Zeugnifs geben, dafs er mit Sinn und Geschick experimentirte, und manche wichtige Thatsache ans Licht förderte. Nur trifft ihn der Vorwurf, dafs er viele Versuche angestellt hat, die bereits von Andern gemacht waren, ohne diese zu nennen, wodurch er namentlich bei seinen Landsleuten zur Ehre mancher Entdeckung gelangt ist, die ihm nicht gehört.

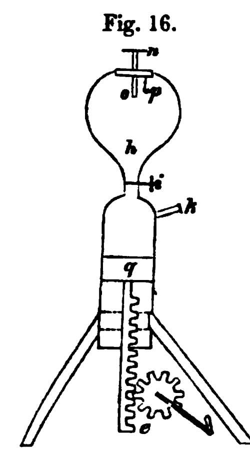
Ob dies Verschweigen absichtlich oder zufällig war, läfst sich mit Bestimmtheit nicht sagen. In einigen Fällen hat er wohl die Arbeiten seiner Zeitgenossen nicht gekannt oder ist gleichzeitig mit ihnen auf dieselben Entdeckungen gerathen; in andern Fällen waren seine Versuche auch nur Wiederholungen und Erweiterungen der von Andern angestellten. **Boyle** stand, als sich sein Ruf mehr verbreitet hatte, in einem ausgedehnten Briefwechsel mit den Gelehrten seiner und anderer Nationen, und sogleich, wie ihm eine neue Thatsache mitgetheilt wurde, suchte er sich durch eigene Erfahrung von deren Realität zu überzeugen. Dabei mag er denn das Citiren manchmal wohl für überflüssig gehalten haben.

Die Luftpumpe lernte **Boyle** 1657 aus der Mechanica hydraulico-pneumatica unseres Landsmannes **Caspar Schott** kennen. Sie gab ihm Anlafs zu einer ausgedehnten Arbeit über die Elasticität der Luft, die unter dem Titel: *New experiments physico-mechanical touching the spring of the air* vom December 1659 datirt, und eine seiner ältesten ist.

Da die **Guericke**'sche Luftpumpe, namentlich in ihrer frühesten Gestalt, die **Boyle** damals allein kannte, manche Mängel darbot, so bemühte er sich, sie zu verbessern.

Nach einigen Versuchen, wobei ihn **Robert Hooke** unterstützte, gab er ihr die Gestalt Fig. 16, die er in der genannten Abhandlung von 1659 abbildete und beschrieb. Auf einem festen Fufsgestell war der Cylinder in vertikaler Richtung befestigt, und in ihn der Recipient *h* eingekittet. Dieser hatte einen metallenen Deckel mit einem drehbaren Stab *no*, neben welchem unten am Deckel ein Haken *p* sich befand. Wird nun am Stab bei *o* ein Faden befestigt, welcher über den Haken *p* geht und die zu untersuchenden Gegenstände trägt, so kann man diese durch Umdrehung des Stabes, auf welchen sich der Faden aufwickelt, heben und senken. Der Stempel *q* wird von unten in den messingenen Cylinder gesteckt, und mittelst einer gezahnten Stange und Getriebe *e* auf- und abbewegt. Am oberen Theil des Cylinders befindet sich ein Loch mit eingeschliffenem Stöpsel *k*. Oeffnet man den Hahn *i* und bewegt den Stempel abwärts, so tritt die Luft aus dem Recipienten in den Cylinder, verschliefst man hierauf *i* und öffnet *k*, so wird beim Hochgehen des Stempels die Luft im Cylinder aus demselben durch die Oeffnung *k* herausgeprefst.[1])

Fig. 16.



Man sieht diese verbesserte Luftpumpe, eine Hahnluftpumpe, war auch noch ein ziemlich rohes Instrument. **Guericke**, der dieselbe bald kennen lernte, gab wohl zu, dafs sie sich mit weit geringerer Kraft als die seinige bewegen lasse, tadelte aber an ihr nicht ganz mit Unrecht, dafs sie zu ihrer Handhabung viel Zeit erfordere. Dies brachte ihn darauf, seine Pumpe 1663 dahin zu verbessern, dafs er den Stempel durch einen Hebel bewegen liefs.

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. I, 442.

Mit der eben beschriebenen Luftpumpe hat nun Boyle einen grofsen Theil seiner schätzbaren Versuche angestellt; indefs bekam er im Lauf der Zeit Veranlassung, sie noch ferner zu vervollkommnen, ich will daher, ehe ich die Resultate seiner Arbeiten mittheile, noch etwas über diese Vervollkommnungen sagen. Die Veranlassung dazu gab die Bekanntschaft mit Papin.

205. Dieser Denis Papin, ein sehr ausgezeichneter Kopf, war geb. 1647 zu Blois und studirte Medicin zu Paris, wo er auch den Doktorhut erwarb. Weil er Calvinist war, mufste er bei Aufhebung des Edikts von Nantes sein Vaterland verlassen. Er floh zunächst nach England, wo er Boyle kennen lernte, mit dem er eine Reihe gemeinschaftlicher Untersuchungen anstellte, und auf dessen Vorschlag er auch 1681 zum Mitglied der londoner Gesellschaft erwählt wurde, während die pariser Akademie vermuthlich wegen der Religionsverschiedenheit keine Notiz von ihm nahm. Von England ging er nach Venedig, aber schon 1684 kehrte er wieder nach London zurück, wo er bis 1688 blieb. Hierauf trat er in die Dienste des Landgrafen von Hessen, und funktionirte bis zum J. 1707 als Professor der Physik in Marburg. Er schrieb auch mehrere Aufsätze in den Act. Eruditorum und starb etwa 1614, denn seine Schicksale in seinen letzten Lebensjahren sind unbekannt; nach Einigen soll er nach Frankreich zurückgekehrt sein.

Bereits im J. 1674 hatte Papin zu Paris eine Schrift herausgegeben betitelt: *Nouvelles expériences du vide*, welche eine Verbesserung der Boyle'schen Luftpumpe enthielt, die im Wesentlichen darin bestand, dafs der senkrecht herabgehende Stempel mit einem Steigbügel versehen war, durch welchen man ihn mit dem Fufse herunter treten konnte, was allerdings gegen das Arbeiten mit der Hand eine grofse Erleichterung war.

Die von Papin und Boyle gemeinschaftlich angestellten Versuche wurden beschrieben in einem kleinen Werk, welches 1687 zu London unter dem Titel: *A continuation*

of the new digestor of bones herauskam, und wie schon der Titel andeutet, eine Fortsetzung der früheren Schrift ist, welche **Papin** 1681 zu London veröffentlichte, und welche betitelt war: *A new digestor or engine for softing bones.* Diese Schrift ist es, welche ihren Urheber vorzugsweise bekannt gemacht hat, da sie die Beschreibung des sogenannten papinianischen Topfes, der ersten Vorrichtung mit einem Sicherheitsventil enthält, worauf ich künftig noch zurückkommen werde.

In jener Schrift von 1687 wird nun eine Luftpumpe beschrieben, deren Einrichtung bemerkenswerth ist, da sie einen wirklichen Fortschritt in der Konstruktion dieses Instruments enthält. Es ist nämlich die erste Luftpumpe, die mit einem Teller versehen ist, so daſs man damit Glocken auspumpen konnte, während man bis dahin auf das Evakuiren von Kugeln beschränkt war, in welche man nur kleine Gegenstände hineinbringen konnte. Ueberdies enthielt diese Luftpumpe statt des Hahnes ein Blasenventil und einen Stempel mit Steigbügel.[1])

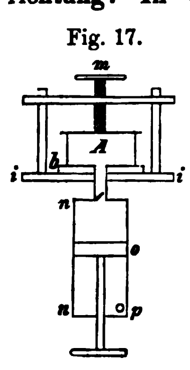
In der Fortsetzung der Boyle'schen Versuche findet sich auch zuerst eine Luftpumpe mit doppeltem Stiefel beschrieben, eine Vorrichtung, welche man für eine andere wesentliche Verbesserung dieses Instruments ansehen muſs, indem dadurch das Evakuiren ohne Unterbrechung fortgesetzt werden kann, also beim Experimentiren bedeutend an Zeit gespart wird. In der Regel schreibt man die Erfindung der Luftpumpe mit doppeltem Stiefel dem Engländer **Hawksbee** zu, aber mit Unrecht, denn wenn er sie auch vollkommener ausgeführt hat, so hat er sie doch erst 1709 beschrieben. **Boyle** nämlich verband die beiden Kolbenstangen durch ein Seil, das über eine Rolle lief, während **Hawksbee** einen Trieb und gezahnte Stangen anbrachte.[2])

Als ein ferneres Verdienst muſs es **Boyle** angerechnet werden, daſs er die erste eigentliche Kompressionspumpe

[1]) Acta Erudit. 1687, p. 324.
[2]) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 444. 449.

konstruirte, eine solche, wie sie zu physikalischen Versuchen erforderlich ist, denn die bis dahin bekannten Instrumente zum Komprimiren der Luft, wie z. B. die Windbüchse, eigneten sich doch nur sehr wenig zum Experimentiren. Boyle's Kompressionspumpe hatte folgende Einrichtung: In ein viereckiges Brett *i i* (Fig. 17) ist ein messingener glatter Teller *b* eingesetzt, dessen Mitte durchbohrt ist. Auf diesen Teller wird der cylindrische Recipient *A* gestellt, in welchem die Luft verdichtet werden soll. Sein unterer Rand ist mit einem Lederring versehen, um einen dichten Anschlufs an den Teller zu bewirken; oben ist der Recipient mit einer ledernen Scheibe bedeckt, welche von einem darüber befindlichen Brett mittelst der Schraube *m* dicht gegen den Recipienten geprefst wird, wodurch auch dieser zugleich einen festen Verschlufs auf dem Teller erhält. Der Cylinder *nn* ist luftdicht in die Oeffnung des Tellers geschraubt. Wird nun der im Cylinder befindliche Stempel *o* bis unter die Oeffnung *p* herabgezogen, so tritt die äufsere Luft in den Cylinder und wird beim Hinaufschieben des Stempels in den Recipienten gedrückt; in diesem wird sie nun verdichtet, da sie durch ein Ventil in der Telleröffnung, das sich nur nach dem Recipienten hin öffnet, am Zurückströmen verhindert wird, wenn der Stempel *o* wieder abwärts geht.[1])

Fig. 17.



Um dieselbe Zeit fingen auch andere Physiker an auf die Verbesserung der Luftpumpe Bedacht zu nehmen. Einen der bemerkenswertheren Fortschritte in der Konstruktion dieses Instruments machte **Wolferd Senguerd** (geb. 1646, gest. 1724), Professor der Physik an der Universität Leyden, bei einer Luftpumpe, die er 1685 in seiner *Philosophia naturalis, Lugd. Bat.* beschrieb, aber erst 1697 ausführen liefs. Es war eine Hahnluftpumpe mit einem

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 446.

einzigen schiefliegenden Stiefel und einer gezahnten Kolbenstange, die durch einen Kreuzhaspel bewegt wurde. Das Neue der Konstruktion liegt in der doppelten Durchbohrung des Hahnes (Fig. 18), vermöge welcher der Stiefel bei einer Stellung des Hahnes mit der Glocke und bei einer darauf rechtwinkligen mit der äufseren Luft in Verbindung gesetzt wird. Vermöge dieser Einrichtung kann die Pumpe sowohl zum Evakuiren als zum Komprimiren gebraucht werden.[1])

Fig. 18.

206. Was nun **Boyle's** Versuche mit der Luftpumpe betrifft, so sind darunter allerdings viele, die schon vor ihm theils von den florentiner Physikern, theils von **O. v. Guericke** angestellt wurden, und daher nur als Bestätigungen jener anzusehen sind. Dahin gehören die Erfahrungen:

1) dafs das Barometer unter der Luftpumpe fällt, und ein Heber im Vakuum zu fliefsen aufhört;

2) dafs die Wirkung der Haarröhrchen vom Luftdruck unabhängig ist;[2])

3) dafs der Schall im luftleeren Raum nicht fortgepflanzt wird;

4) dafs brennende Körper im Vakuum verlöschen;

5) dafs daselbst auch keine Thiere leben können, wenigstens nicht auf die Dauer, denn einige zeigten ihm allerdings ein sehr zähes Leben;

6) dafs die Magnetnadel im Vakuum nichts von ihrer Wirkung auf den Magneten verliert;[3])

7) dafs die elektrische Anziehung auch im luftleeren Raum statt habe.[4])

Neu dagegen sind:

Die Erfahrung über die Wärmeerregung durch Reiben, wobei er fand, dafs sie sowohl im luftleeren als im luft-

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 448.
[2]) Ibid. I, 308.
[3]) Ibid. II, 250.
[4]) Ibid. II, 240.

vollen Raum zu Stande kam. Das war nicht unwichtig, denn man lehrte damals noch allgemein, dafs die Wärme, welche durch Reiben harter Körper an einander entsteht, von der dazwischen liegenden Luft herrührt.

Ebenso überzeugte er sich, dafs die Wärmeerregung bei chemischen Processen, die keine Verbrennungen sind, mit der Luft nichts zu schaffen haben. Er fand z. B., dafs Aetzkalk (gebrannter Kalk) sich beim Benetzen mit Wasser so gut im Vakuum erhitzt wie in freier Luft.

Endlich gab er auch einen Beweis gegen die damalige Lehre von der positiven Leichtigkeit; er zeigte nämlich, dafs Rauch von Flüssigkeiten im Vakuum nicht in die Höhe steigt, sondern herabsinkt.

207. Im nächsten Zusammenhang mit diesen Experimenten stehen die, welche **Boyle** über das Gewicht und die Elasticität der Luft anstellte. Er bestimmte das specifische Gewicht der Luft auf die von **Galilei** vorgeschlagene Weise, indem er aus einer Aeolipile die Luft durch Erhitzung austrieb, dann den Apparat durch den daran befindlichen Hahn verschlofs, ihn wog, dann mit Wasser füllte und abermals wog. Durch diese Methode, die keineswegs besser ist als die von **Guericke** und kein genaues Resultat liefern kann, sobald man nicht auf die in der Aeolipile zurückgebliebene Luft Rücksicht nimmt, fand er das specif. Gewicht der Luft gegen Wasser $= \frac{1}{938}$.

Bei dieser Gelegenheit bestimmte er auch das specif. Gewicht des Quecksilbers gegen Wasser, und zwar auf zwei verschiedene Weisen. Die eine Methode bestand einfach darin, dafs er die Gewichtsmengen bestimmte, die von Wasser und Quecksilber nöthig waren, um ein und dasselbe Gefäfs zu füllen. Die andere Methode aber ist bemerkenswerth und wohl zuerst von ihm angewandt; sie beruht auf dem Satz, dafs der Druck zweier Flüssigkeiten gleich grofs ist, wenn sich ihre Höhen umgekehrt verhalten wie ihre specifischen Gewichte. Er nahm nämlich eine U-förmig gebogene offene Glasröhre mit Schenkeln von

ungleicher Länge, gofs in den kürzeren Quecksilber und in den langen Wasser, dann war das Verhältnifs der Säulen

Quecksilber : Wasser = $1 : 13\frac{3}{4}$.

Die Elasticität der Luft machte **Boyle** zum Gegenstand vieler Versuche, einerseits um das Dasein derselben überhaupt zu erweisen, andererseits aber um zu sehen, wie weit sich die Verdünnung treiben lasse. Er fand, dafs man die Luft noch bis auf das 13000fache verdünnen könne. Gegenwärtig wissen wir, dafs die Verdünnung keine Gränzen hat, und diese Ansicht hatte auch schon **Guericke**. Denn nachdem derselbe zu der Ueberzeugung gelangt war, dafs die Atmosphäre oben aus einer lockereren Luft bestehe als unten, schlofs er, dieselbe habe gar keine bestimmten Gränzen, und erstrecke sich wenigstens 1000 bis 2000 Meilen von der Erde, was freilich heute aus guten Gründen nicht mehr geglaubt wird.

208. Ein gröfseres Verdienst als durch die bisher angeführten Untersuchungen hat sich **Boyle** durch eine andere mit der Elasticität der Luft zusammenhängende Frage erworben, ja man kann wohl behaupten, dafs die Beantwortung dieser Frage sein gröfstes und bleibendstes Verdienst um die Physik ausmacht. **Boyle** hat nämlich zuerst die Relation festgesetzt, die zwischen dem Volumen einer Luftmasse und dem auf ihr lastenden Druck besteht. Er hat bewiesen:

> dafs sich die Volumina einer und derselben Luftmasse umgekehrt wie die Drucke verhalten.

Dieses Gesetz, welches man späterhin das Mariotte'sche genannt hat, und ganz allgemein noch gegenwärtig so nennt, ist nicht zuerst von **Mariotte** aufgefunden, sondern von **Boyle**. Es ist bemerkenswerth, dafs während **Boyle** so manche Entdeckung zugeschrieben wird, auf deren Priorität er keine Ansprüche machen kann, ihm grade bei seiner wichtigsten Entdeckung nicht die allgemeine Anerkennung zu Theil geworden ist. Indefs hat dies, wie wir sogleich sehen werden, seinen guten Grund gehabt.

Die Veranlassung zur Auffindung des sogenannten Mariotte'schen Gesetzes gab ein Professor zu Lüttich **Franciscus Linus**. Er war Jesuit, 1595 zu London geboren und starb 1675 zu Lüttich, wo er am englischen Kollegium angestellt Hebräisch und Mathematik lehrte. Dieser Mann hatte das Unglück, daſs er sich nicht vom Dasein des Luftdrucks überzeugen konnte, wie in unserm Jahrhundert der Freiherr v. **Drieberg** (§ 150). Er behauptete die Quecksilbersäule im Barometer werde nicht gehalten durch den Druck der Atmosphäre, oder, falls man das Barometer unten abschlieſst, durch die Spannkraft der mit eingeschlossenen Luft, sondern durch unsichtbare Fädchen, mittelst welcher das Quecksilber an der Wölbung der Glasröhre gleichsam aufgehängt sei. Er meinte, man könne diese Fädchen (funiculi) zwar nicht sichtbar aber doch fühlbar machen, wenn man ein über 28 Zoll langes offenes Glasrohr erstlich unten mit einem Finger zuhalte, dann mit Quecksilber fülle, nun auf das obere Ende auch einen Finger setze und endlich vom unteren Ende, nachdem man es in Quecksilber getaucht, den Finger abziehe; dann fühle man, wie der obere Finger in die Röhre hineingezogen werde!

Boyle erwarb sich das Verdienst diese lächerliche Behauptung zu widerlegen, und dabei entdeckte er das sogenannte Mariotte'sche Gesetz. Zunächst beabsichtigte er nur einen augenscheinlichen Beweis zu geben, daſs ein kleines Luftvolumen, wie etwa das im kurzen Schenkel eines Heberbarometers, wenn dieser Schenkel abgeschlossen ist, wirklich dem Druck einer hohen Quecksilbersäule widerstehen und das Gleichgewicht halten könne.

Zu dem Ende nahm er eine lange U-förmig gebogene Röhre mit parallelen Schenkeln, einem langen und einem kurzen, welch letzterer oben zugeschmolzen war. Diese Röhre stellte er senkrecht auf, und goſs so viel Quecksilber hinein, daſs es die Biegung füllte und das Luftvolumen im kurzen Schenkel eben absperrte. Diese Luft nahm eine Strecke von 12 Zoll ein. Hierauf goſs er in

den langen Schenkel so viel Quecksilber, daſs die Luft im kurzen nur noch 6 Zoll einnahm, und da fand er denn, daſs es, um dieses zu erreichen, einer Quecksilbersäule bedurfte, die vom Niveau im kurzen Schenkel an gemessen 29 engl. Zoll betrug. Wollte er die Luftmasse im kurzen Schenkel auf 4 Zoll verdichten, so muſste er im langen Schenkel eine Quecksilbersäule von 2 . 29 = 58 Zoll, bei einem Volumen von 3 Zoll einen Druck von 3 . 29 = 87 Zoll haben.

Boyle brachte seine Resultate in eine Tabelle, welche ergab:

12	Vol.	beim	Druck	von	1	Atmosph.
6	-	-	-	-	2	-
4	-	-	-	-	3	-
3	-	-	-	-	4	-

und zog daraus den Schluſs:

daſs sich die Luft nach dem Verhältniſs der zusammendrückenden Kräfte verdichte.

Er veröffentlichte diese Resultate im J. 1661 in seiner: *Defensio de elatere et gravitate aeris adversus objectiones Francisci Lini*, ohne anfänglich weitere Schlüsse daraus zu ziehen; allein einer seiner Schüler **Richard Townley** machte die richtige Bemerkung, daſs sich bei diesen Versuchen

das Luftvolumen umgekehrt verhalten habe wie der Druck,

und dieser war es, der also zuerst das sog. Mariotte'sche Gesetz aussprach.

Hierdurch veranlaſst nahm **Boyle** seine Versuche wieder vor, und modificirte sie einerseits dahin, daſs er das Gesetz für noch gröſsere Drucke als die früheren verfolgte, und andererseits, daſs er es auch für geringere Drucke nachwies. Letzteres geschah dadurch, daſs er ein offenes Glasrohr in Quecksilber tauchte, so weit, daſs es etwa noch einen Zoll herausragte, dann verschloſs er es oben, zog es bis zu verschiedenen Höhen heraus und beobachtete die korrespondirenden Gröſsen des Volumens

und des Druckes. Immer fand er dabei das Gesetz $v : v' = p' : p$ bestätigt. [1])

209. Eine andere wichtige Thatsache, die **Boyle** zuerst beobachtet, obwohl ihre Allgemeinheit noch nicht gehörig erkannt hat, ist der Einfluſs des Luftdrucks auf das Sieden der Flüssigkeiten. Er brachte Wasser, welches er, um es von Luft zu befreien, lange hatte kochen lassen, als es noch warm war, unter den Recipienten der Luftpumpe. Als er nun die Luft verdünnte, sah er zu seiner Verwunderung das Wasser abermals in heftiges Sieden gerathen. [2]) Diese Thatsache scheint nicht recht bekannt geworden zu sein, denn noch 1675 u. 76 beschrieben sie **Huyghens** und **Papin** in den Philosoph. Transactions als eine neue. **Papin** hat sie übrigens schon zwei Jahre früher, d. h. 1674 in seinen *Expériences du vide* angegeben, aber **Boyle** bleibt doch die Priorität.

Bemerkenswerth in jenen Versuchen von **Huyghens** und **Papin** ist die Angabe, daſs wenn man Wasser in einem Glasgefäſs zum starken Sieden bringt, der Boden desselben deſsungeachtet nur lauwarm werde. Es ist dies eine Thatsache, die in manchen Gegenden dem Volke wohl bekannt ist, und sicher nicht aus jener Abhandlung von **Huyghens** und **Papin**, die aber von den Physikern vergessen worden ist, so daſs sie erst vor einigen Jahren hat wieder durch Versuche konstatirt werden müssen, und dennoch von Einigen bezweifelt wird.

Boyle's anderweitige Versuche sind wie gesagt sehr zahlreich, man kann fast sagen unzählig; ich werde mich daher begnügen müssen nur die bemerkenswerthesten Leistungen aufzuführen. Dahin gehören:

1) Eine Verbesserung der Windbüchse.

2) Auffindung der Thatsache, daſs das Eis verdunstet, was er fälschlich einer auflösenden Wirkung der Luft zuschrieb.

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. I, 450.

[2]) Ibid. II, 179.

3) Mehrere Erfahrungen über das specif. Gewicht des Eises und die Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren, welche jedoch schon die Florentiner beobachtet hatten. Um ein künstliches Gefrieren zu bewirken, gebrauchte er Kältemischungen aus Schnee und Salmiak oder anderen Salzen, wobei er die Entdeckung machte, daſs das Eis die Salze zum Schmelzen bringt, und nur bei diesem Schmelzen die Kälte erzeugt wird [1]).

4) Versuche über die Elasticität des Wassers, aber mit keinem genügenderen Resultat als **Baco**, die Florentiner und **Guericke** erlangt.

5) Die Beobachtung, daſs Metalle, wie flüssiges Blei, Luft absorbiren und dabei an Gewicht zunehmen; er war jedoch noch weit entfernt, daraus auf eine Oxydation zu schlieſsen, sondern glaubte vielmehr die Gewichtszunahme der Metalle als einen Beweis von der Schwere des Feuers ansehen zu müssen.

6) **Boyle** gerieth auch auf den Einfall, den nach ihm noch mancher Physiker gehabt hat, das Licht wägen zu wollen; er versuchte nämlich, ob die Sonnenstrahlen einen Stoſs auf eine empfindliche Wage hervorbringen würden, das Resultat war indeſs, wie vorauszusehen, ein negatives.

7) **Boyle** unternahm auch einige Bestimmungen der Brechungsverhältnisse verschiedener Körper und fand dabei, was freilich vor ihm auch schon Andere gefunden, daſs das Vermögen der Lichtbrechung bei verschiedenen Körpern nicht deren Dichte proportional gehe.

8) Ueber die Farben hat **Boyle** schon 1663 ein Werk geschrieben betitelt: *Experimenta et considerationes de coloribus,* worin hinsichtlich der eigenen Farben manche Ansicht ausgesprochen wird, die **Newton** drei Jahre später in seinem berühmten Werk über die Zerlegung des Lichts aufstellte. In jenem Werk beachtet **Boyle** auch die Farben der Seifenblasen sowie die Verschiedenheit der Farben,

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 219.

welche Blattgold zeigt, je nachdem es das Licht zurückwirft oder durchläfst.

9) Ferner experimentirte **Boyle** schon im J. 1667 mit dem Leuchten des faulen Holzes, und beobachtete dabei, dafs dieses Leuchten im Vakuum und in der Kälte abnimmt. Auch die Phosphorescenz faulender Fische war Gegenstand seiner Untersuchung.

Von den Erfindungen oder Entdeckungen, die **Boyle** mit Unrecht zugeschrieben werden, mufs ich hier noch nennen das Manometer. **Boyle** beschrieb es unter dem Namen *Statical Baroscop* in den Philosoph. Transact. für 1666 im Wesentlichen ganz in der Form, in welcher es **O. v. Guericke** 1661 in einem Briefe an **Schott** beschrieben hatte (§ 188). Doch mufs man zugeben, dafs das **Boyle**'sche Instrument subtiler war. Die Kugel an dem einen Arm der Wage war von dünnem Glase, nicht gröfser als eine Orange und nicht schwerer als 10 Gran, auch nicht evakuirt, wogegen **Guericke** eine Kupferkugel von einem Fufs in Durchmesser nahm und sie auspumpte, was überflüssig war. Sehr richtig bemerkte **Boyle**, dafs das Steigen und Fallen dieses Instruments einen sehr augenfälligen Beweis von der Ursache der Veränderungen der Quecksilbersäule im Barometer gebe, da hier von keinem Horror vacui oder Funiculus die Rede sein könne.

Auch die Entdeckung des Phosphors durch **Boyle** ist, wenn er sie überhaupt gemacht hat, doch keineswegs zuerst von ihm gemacht. Schon bei Gelegenheit von **Kunckel** habe ich angeführt (§ 199), dafs der Dr. **Kraft** aus Dresden **Boyle** Kunde gab von der Entdeckung des Phosphors. **Kraft** war in London, zeigte **Boyle** den Phosphor, und wie er später gegen **Stahl** versicherte, theilte er auch **Boyle** die Bereitungsart mit. Dagegen hat **Boyle** protestirt und behauptet, **Kraft** habe ihm keineswegs die Darstellungsweise des Phosphors mitgetheilt, sondern nur gesagt: derselbe würde aus etwas bereitet, was zum menschlichen Körper gehört.

Hiernach wäre **Boyle** also in demselben Fall gewesen wie **Kunckel**, er hätte den Phosphor zum zweiten Male entdecken müssen. Wo hier die Wahrheit liegt, ist wohl schwer mit Sicherheit zu entscheiden; moralische Gründe sprechen allerdings für **Boyle**, denn jener Dr. **Kraft** war keineswegs ein recht glaubwürdiger Mann. **Boyle** liefs, wie § 199 erzählt, durch einen deutschen Laboranten, **Gottfr. Hankwitz** in London, den Phosphor bereiten, bestimmte aber, dafs die Vorschrift dazu erst nach seinem Tode bekannt gemacht werde, was 1692 in den Philos. Transact. geschehen ist. In demselben Jahr veröffentlichte auch **Homberg** die von **Kunckel** erhaltene Darstellungsweise in Paris.

210. An diese Nachrichten will ich noch die Bemerkung schliefsen, dafs **Boyle** überhaupt in der Chemie ebenso thätig war wie in der Physik, und leicht möchte er unter den Chemikern seiner Zeit einen höheren Rang einnehmen, als unter den Physikern. Man zählt gegen 40 kleinere und gröfsere Abhandlungen chemischen Inhalts von ihm, die für die Zeit viel Neues enthielten, aber jetzt freilich nur einen geschichtlichen Werth besitzen. Ohne hier zu versuchen, einen vollständigen Abrifs der Arbeiten **Boyle**'s oder des Zustandes der Chemie zu seiner Zeit zu geben, will ich ein Paar bemerkenswerthe Momente von beiden herausheben.

Im Allgemeinen hing man zu **Boyle**'s Zeiten, also in der zweiten Hälfte des XVII. Jahrhunderts noch der Lehre der Peripatetiker an, nach welcher Erde, Wasser, Luft und Feuer elementare Substanzen waren, aus denen die ganze Körperwelt bestand, obwohl schon der Araber **Geber** im VIII. Jahrhundert, der aufgeklärteste und kenntnifsreichste Chemiker bis zum XVI. Jahrhundert, eine davon abweichende Theorie, welche Quecksilber und Schwefel wenigstens als Bestandtheile der Metalle ansah, aufgestellt hatte. Es gereicht wohl **Boyle** zur Ehre, dafs er die Einfachheit jener vier griechischen Elemente bestritt und dafür die

Muthmaſsung aussprach, daſs die Zahl der einfachen oder unzerlegbaren Substanzen viel gröſser sei als vier.[1])

Er glaubte sogar die Zusammengesetztheit des Wassers erwiesen zu haben, indem er verschiedene Pflanzen lediglich in Wasser wachsen lieſs und dabei fand, daſs sie nach einigen Monaten bedeutend an Gewicht zugenommen hatten[2]). Es ist dies ein Versuch, den vor ihm schon **van Helmont** und noch früher der Kardinal **de Cusa** angestellt hatten, und der auch späterhin, freilich nicht um die Konstitution des Wassers zu ermitteln, sondern um die Frage über die Herkunft des Kohlenstoffs in den Pflanzen zu beantworten, oftmals wiederholt worden ist. **Boyle** schloſs, wie **van Helmont**, das Wasser müsse nothwendig erdige Bestandtheile enthalten, welche zu den festen Theilen der Pflanzen hergegeben wären. Diesen Schluſs suchte **Boyle** dadurch zu verstärken, daſs er Wasser destillirte und nicht einmal, sondern mit der eisernen Geduld, wie wir sie nur bei den Chemikern der früheren Zeit antreffen, 200 mal. Immer fand er dabei einen erdigen Rückstand, den er nun als Bestandtheil des Wassers ansah, der aber nur aus dem Destillationsgeschirr herrühren konnte. Dieser letzte Versuch, der später auch noch seine Liebhaber fand, ist übrigens fast gleichzeitig mit **Boyle** auch angestellt von

Olaus Borch, nach Andern Borrich, lat. Borrichius, einen Mann, der sich besonders um die frühere Geschichte der Chemie, durch seine *Dissertatio de ortu et progressu chemiae, Hafn. 1668* verdient gemacht hat. Er war geb. 1626 zu Synder Borch, Stift Ripen in Jütland, studirte Medicin, und versah in Kopenhagen neben einer ausgedehnten ärztlichen Praxis die Professur der Chemie und Botanik. Er starb 1690. Jenen Versuch beschrieb er in *Hermetis Aegyptiorum et Chemicorum sapientia, Hafn. 1674.*

Wenn in der Chemie allemal derjenige der Entdecker einer Substanz genannt werden könnte, der sie zuerst unter

---

[1]) Höfer, Hist. II, 157.

[2]) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 200.

Händen gehabt hat, so müfste man **Boyle** eine beträchtliche Zahl solcher Entdeckungen zuschreiben, denn in der That hat er bei seinen vielen chemischen Operationen manchen bemerkenswerthen Körper dargestellt, aber zu einem Erkennen der Natur dieses Körpers, was allein einen gegründeten Anspruch auf die Entdeckung desselben verleihen kann, war seine Zeit noch nicht reif. Merkenswerth bleibt aber doch, dafs er Wasserstoffgas darstellte und auffing, und zwar bereitet aus Eisen und verdünnter Schwefelsäure; er scheint indefs nicht einmal die Brennbarkeit erkannt zu haben, sondern sah den Versuch nur als Beweis an, dafs man Luft auf künstlichem Wege erzeugen könne[1]). Zu ähnlichem Zwecke entwickelte er schon 1664 Kohlensäure mittelst Essigsäure aus Austernschalen, wobei aber besondere Umstände obgewaltet haben müssen, da er diese als heilsam für das Athmen bezeichnet.

Bis zur Einführung der neuen chemischen Nomenklatur, die neben ihren vielen trefflichen Seiten doch den Nachtheil herbeiführte, dafs sie die historischen Momente aus dem Gedächtnifs vertilgte, war **Boyle**'s Andenken in der Chemie auch durch den Liquor fumans Boylii (flüchtige Schwefelleber) erhalten. **Boyle** beschrieb denselben 1676, er war aber schon 1608 von dem französischen Arzt **Beguin** dargestellt, und führte daher mit mehr Recht den Namen Spiritus sulphurat. Beguini. Er besteht im Wesentlichen aus Schwefelammonium, und wird durch Destillation von Schwefel, Salmiak und gelöschtem Kalk erhalten.

Wie bei allen älteren Chemikern war die trockne Destillation eine Lieblingsoperation von **Boyle**, und indem er sie auf Holz anwandte, bekam er einen brennbaren Geist und eine Säure, die beide offenbar nichts anderes sind als unser Holzgeist und unser Holzessig. **Boyle** ist ferner auch wohl der erste, der versuchte, den Weingeist durch Destillation über wassergierigen Substanzen zu entwässern, indem er ihn über kalcinirtem Weinstein d. h. kohlensaurem Kali

---

1) Höfer, Hist. II, 161.

oder über Aetzkalk rektificirte. Aus einer von ihm gegebenen Tafel von specifischen Gewichten, der vollständigsten zu seiner Zeit, die 32 Körper enthält, ersieht man, dafs er den Weingeist bis zu einem specif. Gewicht = 0.866 brachte, also zwischen 78 und 79 Procent Alkohol.

211. Eine chemische Untersuchung **Boyle's**, die auch Interesse für den Physiker hat, ist die über die Salzigkeit des Meerwassers, ein Gegenstand, der mit manchen anderen aus der physikalischen Geographie die Aufmerksamkeit der Naturforscher im XVII. Jahrhundert zu beschäftigen anfing. **Aristoteles** hatte gelehrt, das Meer sei nur an seiner Oberfläche salzig und zwar durch Wirkung der Sonnenstrahlen, und diese Lehre wurde im XVI. Jahrhundert wiederum vorgetragen durch den zu seiner Zeit sehr berühmten **Julius Caesar Scaliger**, einen italienischen Arzt aus Padua, der 1558 im 75. Lebensjahre zu Agen in Frankreich starb. Derselbe hatte durch sein *Exotericarum exercitationum liber quintus decimus de subtilitate, Paris. 1557*, worin er Obiges behauptete, sich einen Ruf unter den damaligen Naturforschern erworben.

Boyle verschaffte sich nun Meerwasser, das aus verschiedener Tiefe geschöpft war, und fand, dafs es ebenso viel Salz und dieselbe Dichtigkeit besafs, wie das von der Oberfläche. Freilich hatte unser Pater **Kircher** schon dasselbe gelehrt, oder vielmehr er war noch weiter gegangen, indem er in seinem Mundus subterraneus behauptete, die Salzigkeit des Meerwassers nähme zu mit der Tiefe wie mit der Annäherung an den Aequator. Allein dies war nicht das Resultat von Versuchen, sondern das Ergebnifs einer Theorie, welche den Salzgehalt des Meerwassers von Salzlagern ableitete, die am Boden des Meeres vorhanden seien.

Diese Meinung entwickelt auch **Varenius** in seiner *Geographia generalis, Amstelod. 1664*, einem für die Zeit sehr ausgezeichneten Werk, das nach dem Tode seines Verfassers noch dadurch eine grofse Berühmtheit erlangte,

dafs **Newton** es seinen Vorlesungen in Cambridge zum Grunde legte, und 1672 eine vermehrte Ausgabe in englischer Sprache herausgab, die später ins Lateinische und Französische übersetzt worden ist. — **Bernhard Varenius**, eigentlich Varen, war Arzt in Amsterdam und geb. zu Uelzen bei Lüneburg; er starb 1660.

Zu **Boyle**'s Zeit, wo Reisen in transatlantische Regionen schon nicht mehr zu den Seltenheiten gehörten, beschäftigte man sich auch vielfach mit dem für die Schifffahrt so wichtigen Problem der Trinkbarmachung des Meerwassers. Es ist beachtenswerth, dafs man damals ziemlich allgemein des Glaubens war, das Meerwasser habe seinen bitteren ekelhaften Geschmack nicht von Salzen, sondern von beigemischtem Erdharze oder Bergfett, und es könne deshalb nicht durch blofse Destillation trinkbar gemacht werden. In diesem Glauben machte man allerlei wunderliche Vorschläge. Der Franzose **Hauton** rieth im J. 1671 das Seewasser über kohlensaures Kali zu destilliren, und das war noch der vernünftigste Vorschlag. Aber **Lister** empfahl 1683 die Destillation über Seegras, und **Appleby** und **Watson** schlugen 1753 sogar die Destillation über Höllenstein, gebrannte Knochen und Aetzkali vor, sowie **Chapman** 1761 über Seife und Asche.

Alle diese Vorschläge und besonders die letzteren sind um so auffallender, als schon die Alten ganz gut wufsten, dafs eine blofse Destillation hinreichend sei, das Meerwasser süfs und trinkbar zu machen. Nach **Alexander Aphrodisiensis** hatten Einige gerathen, Meerwasser in grofsen Kesseln zum Sieden zu bringen, und den Dampf in darüber gelegten Deckeln aufzufangen, so erhalte man süfses Wasser. Aus diesem Versuch erklärte schon **Aristoteles**, weshalb die vom Meerwasser aufsteigenden Dünste süfs und nicht salzig seien. Er wufste auch, dafs die Dämpfe von Wein und anderen Flüssigkeiten im Wesentlichen nichts anderes als Wasser geben. **Olympiodorus** erzählt, dafs die Schiffer bei Mangel an Trinkwasser See-

wasser zu kochen pflegten, und in die Oeffnung des Gefäfses grofse Schwämme hängten, die dann ausgedrückt geniefsbares Wasser lieferten[1]). Es war daher im Grunde nichts Neues, als **Gautier**, ein französischer Arzt zu Nantes, im J. 1717 die blofse Destillation zur Trinkbarmachung des Meerwassers anwandte, aber er hat das Verdienst den ersten eigens zum Gebrauch der Schiffer konstruirten Destillationsapparat angegeben zu haben.

Es ist auch auffallend, dafs man erst zu **Boyle**'s Zeiten die Entsalzung des Meerwassers durch das Gefrieren kennen lernte oder zur Sprache brachte. **Kircher** wufste bereits, dafs das Meereis beim Aufthauen süfses Wasser liefere, aber wie er immer sogleich mit einer Erklärung bei der Hand war, so meinte er auch hier die Sache damit abzumachen, dafs er sagte: in kalten Gegenden regnet und schneit es viel, das dadurch gebildete Wasser bleibt, weil es leichter als Meerwasser ist, obenauf schwimmen, und dieses ist es also, was bei starker Kälte gefriert und folglich süfses Eis liefert[2]). Nach ihm würde also das Meerwasser selbst nicht gefrieren!

Man findet angegeben, es sei **Samuel Reyher**, Professor zu Kiel, der erste, welcher über die Süfsigkeit des Meereises geschrieben habe. Allein das geschah erst 1697 in den Actis Eruditorum; mehr als 30 Jahre vor ihm hat schon der berühmte dänische Anatom **Thomas Bartholin** die Thatsache hervorgehoben, dafs Meereis süfses Wasser liefert in seiner Schrift: *De nivis usu medico observationes variae, Hafn. 1661.* Auch ist das Faktum im Kreise der Gewerbtreibenden offenbar viel länger bekannt gewesen, denn **Boyle** sagt in seinen *New experiments and observations touching cold, Lond. 1665*, dass die Brauer zu Amsterdam sich in Ermangelung von süssem Wasser des aufgethauten Meereises zum Brauen bedienten.

---

1) Ukert, Geogr. d. Griechen u. Römer II, 69.

2) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 18.

Mariotte.

212. An **Boyle's** Leistungen schließen sich in mancher Beziehung die von **Mariotte** an, welche auch ganz innerhalb der Lebzeiten des englischen Experimentators fallen. **Edme Mariotte**, geb. in Bourgogne, war ursprünglich Geistlicher, Prior von St. Martin sur Beaune bei Dijon, und wurde im J. 1666 kurz nach der Stiftung der pariser Akademie zu deren Mitglied ernannt, was er blieb bis zu seinem Tode im J. 1684.

Mariotte hat sich namentlich um die mechanische Physik mehrfach verdient gemacht, sowohl durch theoretische wie durch experimentelle Untersuchungen, die er auf eine geschickte Weise miteinander zu verknüpfen verstand; er war also Physiker im wahren Sinne des Worts. Am bekanntesten ist er durch das Gesetz, welches gegenwärtig und schon seit langer Zeit ganz allgemein nach ihm benannt wird. Dies ist freilich ein Unrecht gegen **Boyle**, da dieser dasselbe Gesetz geraume Zeit vor **Mariotte** aufgefunden hat; aber einerseits ist doch nicht bekannt, daſs **Mariotte** etwas davon gewuſst habe, und andererseits hat er es auch sogleich klar ausgesprochen, während **Boyle** die Ehre halbwegs mit **Townley** theilen müſste.

Mariotte erwies das Gesetz ganz auf dieselbe Weise wie **Boyle**, sowohl für gröſsere als für kleinere Drucke als der atmosphärische, und beschrieb das Ganze in seinem *Essai sur la nature de l'air, Paris 1676* sechszehn Jahre später als **Boyle**. Ueberdies hat **Mariotte** zuerst versucht eine nützliche Anwendung von dem Gesetz zu machen, indem er mittelst desselben die Relation zwischen dem Druck der Luft und ihrer Höhe von dem Erdboden auszumitteln, oder anders gesagt, das Barometer zum Höhenmessen anwendbar zu machen suchte. Man kann freilich **Mariotte** noch nicht als eigentlichen Begründer der Hypsometrie oder des barometrischen Höhenmessens nennen, aber den ersten Schritt dazu hat er doch unstreitig gethan.

Schon **Pascal** hatte den Gedanken, daſs das Barometer wohl ein Werkzeug zum Höhenmessen werden könne, er

sah auch ein, dafs dazu das Gesetz der Zusammendrückbarkeit der Luft gekannt sein müsse; aber weiter kam er nicht. Sein frühzeitiger Tod und noch mehr seine schon längere Zeit vorher eingetretene unglückliche Geistesrichtung hinderten ihn daran (§ 151). Späterhin machten die Mitglieder der Accademia del Cimento, der Franzose **Pecquet** (ein berühmter Anatom, aus Dieppe, gest. 1674) und der Schotte **Sinclair** (Professor zu Glasgow, gest. 1696) verschiedene Beobachtungen über das Fallen des Barometers bei Ersteigung von Bergen, allein alle diese Personen verfielen nicht darauf, das Gesetz, welches zwischen den Berghöhen und den Barometerständen besteht, auch nur empirisch aufzusuchen.

Dies war **Mariotte** vorbehalten. Nachdem er das nach ihm benannte Gesetz über die Zusammendrückbarkeit der Luft aufgefunden hatte, suchte er jenes über die Abnahme des Druckes mit der Höhe. Die Methode, welche er dabei anwandte, ist zwar nicht richtig, aber sie hat doch den ersten Schritt zur Lehre vom barometrischen Höhenmessen gethan, und noch jetzt ist jedem Anfänger zu rathen, den von **Mariotte** eingeschlagenen Weg zu verfolgen, um sich einen klaren Begriff von den Principien dieser Messungen zu verschaffen.

Zunächst ermittelte **Mariotte** durch Versuche, wieviel das Barometer falle, wenn man sich um ein Gewisses erhebt. Dazu bot ihm die neu errichtete Sternwarte von Paris eine vortreffliche Gelegenheit; sie ist ein hohes Gebäude und steht über alten Steinbrüchen, die es möglich machten, ihr einen Keller von 80 und einigen Fufsen Tiefe zu verschaffen. In diesen Keller stieg **Mariotte** mit seinem Barometer hinab, beobachtete dessen Stand und erhob sich darauf 84 Fufs. Das Barometer war nun genau um $\frac{4}{3}$ Linien gefallen; als er weiter 84 Fufs in die Höhe gestiegen war, stand es abermals $\frac{4}{3}$ Lin. niedriger. Ein Fallen von $\frac{4}{3}$ Lin. auf 84 Fufs macht 1 Lin. auf 63 Fufs, wofür **Mariotte** rund 60 Fufs nahm, und demgemäfs voraussetzte, dafs nahe an der Erdoberfläche eine barometrische Diffe-

renz von $\frac{1}{12}$ Lin. einer Höhendifferenz von 5 par. Fuſs entspreche.

Die Barometerhöhe an der Erdoberfläche nahm er $= 336'''$ und theilte dieselbe in $\frac{1}{12}'''$; die ganze Barometerhöhe umfaſste also 4032 Zwölftellinien. Nun berechnete er die Höhe der einzelnen übereinanderliegenden Luftschichten, von denen jede mit jeder benachbarten eine barometrische Differenz von $\frac{1}{12}'''$ hat, und zwar auf die Weise, daſs er von der untersten 5′ hohen Schicht ausgehend die Dicke der folgenden über dem Erdboden nacheinander aus dem von ihm gefundenen Gesetze herleitete, also

$$\begin{array}{llllll} \text{Schicht:} & 0 & 1 & 2 & 2016 & 2017 \\ \text{Höhe:} & \frac{4032}{4032}5', & \frac{4032}{4031}5', & \frac{4032}{4030}5', \ldots & \frac{4032}{2016}5', & \frac{4032}{2015}5' \text{ u. s. w.} \end{array}$$

Um die Höhe zu finden, die einem gewissen Barometerstand, z. B. dem von 2015 entspricht, hätte er nun alle Glieder dieser Reihe bis zum vorletzten summiren müssen, d. h. die Höhen der 2016 darunter befindlichen Schichten; allein diese Rechnung war ihm zu mühsam. Er nahm daher an, daſs die Reihe eine arithmetische von ebenso vielen Gliedern sei, also für den Barometerstand 2015 sei:

$$\frac{4032}{4031}5 + \ldots \frac{4032}{2016}5 \text{ d. i. } 5 + \ldots 10, \text{ deren Summe}$$
$$(5 + 10)\,1008 = 15120 \text{ Fuſs ist,}$$

was darauf zurückkommt, jede Luftschicht, die einer Barometerdifferenz von $\frac{1}{12}'''$ entspricht, $= \frac{15120}{2016} = 7\frac{1}{2}$ Fuſs dick zu setzen.

Dies Verfahren ist nun offenbar unrichtig, es giebt groſse Höhen zu klein; es ist aber nur in dieser Abkürzung unrichtig. Der Weg, den **Mariotte** anfangs einschlug, ist im Wesentlichen richtig, nur daſs man statt der Differenz von $\frac{1}{12}'''$ eine viel kleinere z. B. von $0''',01$ nehmen müſste, auch auf die Abnahme der Temperatur Bedacht zu nehmen hätte; aber die Summirung der Glieder der Reihe ist allerdings höchst mühsam, und später von **Deluc** unternommen.

213. In dem Werk *Essai sur la nature de l'air* beschäftigt sich **Mariotte** auch mit dem Barometer als meteorologischem Werkzeug, namentlich mit dem Einfluſs der Winde auf den Stand desselben. Daſs Nord- und Ostwinde das Barometer zum Steigen, Süd- und Westwinde zum Sinken bringen, war schon, wie angeführt, vor **Mariotte** beobachtet. Dieser suchte das Phänomen zu erklären. Er nahm an, die Nord- und Ostwinde als die kalten bliesen von oben herab und brächten dadurch das Barometer zum Steigen; die Süd- und Westwinde dagegen veranlaſsten das Sinken des Barometers, weil sie in Richtung der Tangente der Erdoberfläche wehend die obere Luft erheben, und dadurch die Elasticität derselben vermindern [1]).

Mariotte gehört auch zu Denen, welche das Phänomen der Drehung des Windes beobachteten, nämlich daſs der Wind in unsern Gegenden meistentheils seine Richtung von Nord durch Ost, Süd nach Westen, also im Sinne des scheinbaren Tageslaufs der Sonne ändert. Dasselbe Phänomen ist auch, vielleicht gleichzeitig, von unserm Landsmann **Sturm** in der *Physica electiva*, *Altorfi 1697*, früher schon von Lord **Baco** in der *Hist. nat. et experimentalis, Lugd. 1638* angegeben, und noch viel früher von **Aristoteles** [2]) und **Plinius** [3]).

Mariotte befaſste sich überhaupt viel mit der Theorie, und suchte u. A. den Passatwind zu erklären, wobei er aber nicht glücklich war; er glaubte die Luft könne der schnellen Drehung der Erde von West nach Ost nicht folgen, sie bliebe zurück und erzeuge so einen scheinbaren Ostwind [4]).

214. Ein anderer Zweig der Physik, den **Mariotte** mit Glück kultivirte, war die Hydrostatik und Hydrodynamik, wozu ihm die prachtvollen Wasserkünste zu Versailles und

---

1) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 429, 430.
2) Meteorol. lib. II, cap. 6.
3) Hist. nat. lib. II, cap. 48.
4) Fischer, ibid. II, 475.

Chantilly Veranlassung und Gelegenheit gaben [1]. Er schrieb darüber ein Werk: *Traité du mouvement des eaux et des autres fluides*, welches nach seinem Tode 1686 veröffentlicht wurde.

In diesem Werke bestätigte er durch eine zahlreiche Reihe von Versuchen die von **Torricelli** aufgefundenen Gesetze des Ausflusses der Flüssigkeiten aus Röhren. Er beobachtete dabei zuerst die Reibung der Flüssigkeiten in Röhren, selbst in den glattesten Glasröhren, und leitete von dieser Reibung die Widersprüche ab, die sich zwischen der Theorie und der Erfahrung darboten, namentlich auch die Erscheinung, daſs die Springhöhe bei Fontainen immer unter der Fallhöhe bleibe [2]. Doch beobachtete er noch nicht die Vena contracta oder die Zusammenziehung des Wasserstrahles, wenn derselbe aus einer Oeffnung in dünner Wand hervorschieſst.

Beiläufig will ich hier erwähnen, daſs etwa um dieselbe Zeit die **Torricelli**'schen Gesetze auch in Italien einer umfassenden Prüfung unterworfen wurden, und zwar durch **Domenico Guglielmini**, geb. 1655 zu Bologna und gest. 1710 zu Padua. Er studirte Mathematik, Astronomie und Medicin mit solchem Erfolge, daſs man ihn wegen seiner Kenntnisse in den beiden ersten Wissenschaften schon in seinem dreiſsigsten Jahre zum Ober-Intendanten der bolognesischen Flüsse erwählte, und bald darauf eine eigens für ihn kreirte Professur der Hydrometrie an der Universität zu Bologna bekleiden lieſs. Sein Ansehn als Wasserbaumeister war so groſs, daſs er successive von den Regierungen fast aller norditalienischen Staaten konsultirt wurde, wenn es sich darum handelte irgend ein schwieriges Unternehmen in der Rektifikation von Flüssen, Anlegung von Kanälen, Austrocknung von Sümpfen u. s. w. zu beginnen.

Das Werk, welches ihm vorzüglich Ruhm verschafft oder erhalten hat, führt den Titel: *Trattato fisico-matematico*

---

[1] Brewster, Edinb. Encyclop. XI, 411.

[2] Fischer, ibid. II, 407, 410.

della natura dei fiumi, wovon der erste Theil 1697 zu Bologna erschien, der zweite nach seinem Tode 1712. Das Ganze wurde später in die Sammlung hydraulischer Schriften aufgenommen, welche 1766 in Parma erschien. Die Nord-Italiener haben wegen ihres vielfach von Kanälen und Flüssen durchschnittenen Landes den Untersuchungen über den Lauf der Gewässer eine ganz besondere Aufmerksamkeit gewidmet, und alle dahin gehörigen hydraulischen Werke in zwei große Sammlungen vereinigt.

1) *Raccolta di autori, che trattano del moto dell' acque, Firenze 1723, 3 Vol.* enthält die Werke von **Archimedes, Albici, Galilei, Castelli, Michelini, Borelli, Montanari, Viviani, Cassini, Guglielmini, Grandi, Manfredi, Picard, Narducci.**

2) *Nuova Raccolta di autori, che trattano del moto dell' acque, Parma 1766, 7 Vol.*, enthält die seitdem erschienenen Werke u. A. von **Guglielmini** und **Poleni.**

Um wieder auf **Mariotte** zurückzukommen, so hat er in seinem Traité du mouvement des eaux etc. auch noch eine sinnreiche Vorrichtung beschrieben, die später unter dem Namen Mariotte'sche Flasche allgemein bekannt geworden ist, und welche er ersann, um das Dasein des Luftdrucks zu erweisen. Sie ist später auch unter die chemischen Geräthschaften aufgenommen worden, um Flüssigkeiten unter einem konstanten Druck ausfließen zu lassen, und somit ein auch jetzt noch sehr verbreiteter und seiner Wirkungsweise nach wohl bekannter Apparat.

215. Auch die Mechanik der festen Körper ist Gegenstand der Forschungen **Mariotte**'s gewesen. Sein Andenken ist hier durch eine von ihm ersonnene Vorrichtung erhalten, die früher, als man sich für diesen Zweig der Physik noch lebhafter interessirte als jetzt, eine gewisse Berühmtheit erlangte. Es ist die Perkussions- oder Stoßmaschine, die man noch jetzt in allen vollständigeren physikalischen Kabineten antrifft, und die aus einer Reihe nebeneinander hängender sich berührender Elfenbeinkugeln besteht, deren Mittelpunkte in einer graden horizontalen Linie liegen. Die Vorrichtung ist später

von **s'Gravesande** und **Nollet** verbessert worden, und namentlich die von dem Letzteren gegebene Einrichtung in Deutschland sehr in Gebrauch gekommen.

Mariotte ersann diese Maschine um die von **Wallis**, **Wren** und **Huyghens** theoretisch aufgefundenen Gesetze des Stoſses experimentell nachzuweisen. Er beschrieb sie in seinem *Traité de la percussion ou choc des corps, Paris 1677*, worin auch die Fallversuche angegeben sind, welche er 1670 in der pariser Sternwarte bei 166½ Fuſs Fallhöhe mit Bleikugeln machte, um den Widerstand der Luft zu ermitteln [1]).

Hierher gehört ferner eine Untersuchung **Mariotte**'s über die Festigkeit der starren Körper, nämlich über die relative Festigkeit oder die Kraft, die zum Zerbrechen derselben erforderlich ist. **Mariotte** vervollkommnete die von **Galilei** angefangene Untersuchung, insofern er dabei auf die Ausdehnung der Fasern vor dem Zerbrechen Rücksicht nahm. Er setzte die Ausdehnung der Fasern den ausdehnenden Kräften proportional und kam so zu einer Regel, die sich auch bei nicht absolut harten Körpern mehr der Wahrheit näherte als die **Galilei**'sche.

216. Es ist nicht allein der mechanische Theil der Physik, welchen **Mariotte** mit Entdeckungen bereichert hat, er verdient ebenso mit Ehren in der Geschichte der Optik und Wärmelehre genannt zu werden. Was die Optik betrifft, so ist zuvörderst sein *Essai sur la nature des couleurs* zu nennen, von dem die erste Auflage 1681 zu Paris erschienen ist. In diesem Werk befaſste er sich u. A. mit der Theorie der Höfe und Ringe, die man bei dunstigem Himmel um Sonne und Mond erblickt.

Die Höfe, die bekanntlich aus Farbenringen von 7 bis 12½° Durchmesser um den leuchtenden Körper bestehen, suchte **Mariotte** durch eine zweimalige Brechung der Lichtstrahlen in den Dunstkügelchen zu erklären. Diese An-

---

1) Benzenberg, Versuche üb. d. Gesetze d. Falles, d. Widerstand d. Luft u. s. w. Hamb. 1804, p. 106.

sicht hat sich später als unrichtig erwiesen, was schon daraus erhellt, daſs nach ihr der innere Saum der Ringe roth sein müſste, während er in Wirklichkeit blau ist. Dagegen hat **Mariotte** für die gröſseren Höfe oder für die Ringe von 23° Durchmesser im Wesentlichen die Theorie aufgestellt, die wir jetzt für richtig halten. Er erklärt sie nämlich durch Eisnadeln von regulärer dreiseitiger Prismenform, die in der Luft schweben, und in denen das Licht zwei Refraktionen und eine Reflexion erleidet, ganz analog wie es **Descartes** für den Regenbogen in den Wassertropfen annimmt. Er verfährt auch ganz ähnlich wie **Descartes**, indem er zeigt, daſs sich der Einfallswinkel um 23° ändern kann, ohne daſs sich die Richtung des ausfahrenden Strahles um mehr als $2\frac{1}{2}$° ändert [1]).

Mariotte's Theorie stimmt im Ganzen gut mit der Erfahrung namentlich darin, daſs der innere Saum von rother Farbe und scharf begränzt ist. Die erste Idee, daſs diese gröſseren Höfe oder Ringe durch Eisnadeln veranlaſst sein könnten, sprach übrigens **Descartes** aus, der jedoch Eissternchen (stellulae ex glacie pellucidae compositae) meinte, und durch sie ward auch **Huyghens** veranlaſst sich mit dem Gegenstand zu befassen [2]).

In dem *Essai sur les couleurs* handelt **Mariotte** zuletzt auch noch von den physiologischen oder zufälligen Farben, deren Beachtung man in der Regel von dem berühmten **Buffon** datirt, und die auch von diesem genauer untersucht worden sind, aber offenbar später als von **Mariotte**. Dieser hatte übrigens Kenntniſs von **Newton**'s Theorie der Farben, und trat theilweise als Gegner derselben auf, worüber in der Folge mehr.

Ein gröſseres Interesse als der *Essai sur les couleurs* erregte bei den Zeitgenossen eine andere Arbeit optischen Inhalts, die **Mariotte** schon im J. 1666 der pariser Akademie vorlegte unter dem Titel: *Observations sur l'organ*

---

[1]) Wilde, Gesch. d. Optik II, 283.

[2]) Ibid. II, 279.

de la vision, und auch 1668 der londoner Gesellschaft mitgetheilt wurde [1]).

Mariotte hatte bei anatomischen Untersuchungen von Menschen- und Thieraugen wahrgenommen, daſs der Sehnerv nicht grade der Pupille gegenüber in das Auge eintritt, sondern etwas höher nach der Nase hin. Dies brachte ihn auf die Frage, was sich wohl ereignen würde, wenn er das Bild eines Gegenstandes grade auf diese Stelle fallen lieſse. Er befestigte daher auf einer dunklen Wand ein rundes Papierstückchen, und rechter Hand zwei Fuſs davon etwas niedriger ein zweites solches Papierstück. Er verschloſs nun das linke Auge, heftete das rechte auf das erste Papierstück und suchte durch Nähern und Entfernen von der Wand es dahin zu bringen, daſs das Bild vom zweiten Papierstück auf den optischen Nerv fiel. Zu seiner Verwunderung sah er dann das zweite Papierstück verschwinden [2]).

Dieser Versuch erregte viel Aufmerksamkeit, und wurde schon 1668 in der londoner Gesellschaft in Gegenwart des Königs wiederholt. Der Versuch, das sogenannte Punctum coecum zu erweisen, ist sehr einfach, und das Interesse wurde dadurch noch mehr auf denselben gerichtet, da **Mariotte** eine Theorie über den eigentlichen Sitz des Sehens daran knüpfte. Er behauptete nämlich, es sei nicht die Netzhaut, sondern die darunter liegende Aderhaut, in welcher die Lichtwahrnehmung stattfände, in jener könne dies nicht geschehen, da sie durchsichtig sei, die Lichtstrahlen also durchlasse. Das gab denn zu einer ganzen Reihe von Verhandlungen Anlaſs, worin die Namen der angesehensten Physiker und Anatomen jener und späterer Zeiten wie **Perquet, Perrault, de la Hire, Lecat, Michell, Porterfield, Haller, Morgagni** u. A. auftreten, ohne daſs man sagen kann, der Streit sei dadurch zu Gunsten einer der aufgestellten Ansicht mit Bestimmtheit entschieden.

---

[1]) Mém. de l'Acad. 1666, T. I, p. 68; Phil. Transact. 1668, p. 658.
[2]) Fischer, Gesch. d. Phys. III, 141.

217. Eine ebenso wichtige Beobachtung wie die über das Sehen hat **Mariotte** über die strahlende Wärme gemacht, obwohl man zugeben muſs, daſs er selber die ganze Wichtigkeit derselben nicht eingesehen hat. Er beobachtete nämlich zuerst, daſs während die Wärme der Sonnenstrahlen ein Glas so gut wie ungeschwächt durchdringt, die Wärme von einem gewöhnlichen Feuer dadurch fast ganz zurückgehalten wird. Er koncentrirte nämlich die Wärmestrahlen eines Kaminfeuers durch einen Brennspiegel, und sie bewirkten jetzt auf der Hand eine kaum erträgliche Hitze; sobald er aber eine Glasplatte vorschob, war die Empfindung fast vollkommen verschwunden, obwohl das Licht dieser Kaminstrahlen keine sichtbare Schwächung erlitten hatte. Diesen Versuch, dessen Wichtigkeit erst in neuerer Zeit durch **Melloni** nachgewiesen ist, hat **Mariotte** in seinem Traité de la nature des couleurs beschrieben.[1])

In einer anderen Abhandlung zeigte **Mariotte**, daſs man aus Eis einen Brennspiegel verfertigen könne, sagt aber dabei, daſs schon andere Personen, welche er jedoch nicht nennt, dasselbe versucht hätten. Mittelst eines solchen Eisspiegels brachte er Schieſspulver zum Verpuffen.[2])

Endlich muſs ich noch erwähnen, daſs **Mariotte** nicht allein bei den Winden, sondern auch bei den Quellen seinen Namen in der physikalischen Geographie zu erhalten gewuſst hat, nämlich bei der Frage, woher die Quellen ihr Wasser nehmen? — Nach Beobachtungen, die schon damals in Dijon angestellt waren, setzte er die im Jahre fallende Regenmenge auf 15 Zoll Höhe; dann schätzte er das Fluſsgebiet der Seine auf 3000 französische Quadratmeilen (lieues) und die jährlich durch Paris flieſsende Wassermenge der Seine auf 105,120 Millionen Kubikfuſs. Daraus berechnete er, daſs die Seine zu Paris noch nicht den 6. Theil des atmosphärischen Niederschlags fortführe,

---

[1]) Poggendorff, Ann. XXXV, 112.
[2]) Oeuvres de Mariotte II, 607.

der im Lauf des Jahres auf dieses Gebiet herabfalle, die übrigen $\frac{5}{6}$ also hinreichend seien sämmtliche hier vorhandene Quellen zu speisen.[1]) Er erörterte hierbei auch das scheinbar geringe Eindringen des Regenwassers in den Boden, was seinen Kollegen **Perrault** und **de la Hire** noch zu lebhaften Einwürfen Anlafs gab (§ 305).

Aus allem hier Dargelegten erhellt, dafs **Mariotte** ungeachtet einer verhältnifsmäfsig kurzen Thätigkeit in mannichfacher Richtung mit gutem Erfolge gewirkt hat. Seine wichtigeren Arbeiten sind enthalten in *Oeuvres de Mariotte, 2 Vol. 4⁰, Leyden 1717.*

218. Wenn man den Faden der von den florentiner Physikern, von **Guericke**, **Boyle**, **Papin** und **Mariotte** eröffneten Untersuchungen in seinem geschichtlichen Verlaufe weiter verfolgt, so wird man zunächst auf ein anderes Mitglied der pariser Akademie geführt, welches in dieser Beziehung für das XVII. Jahrhundert den Schlufsstein bildet, auf **Amontons**.

Guillaume Amontons, Sohn eines Advokaten in der Normandie, ist 1663 geboren, nach Einigen in Paris, nach Andern in der Normandie, aber schon in früher Jugend nach Paris geführt, wohin seine Familie übersiedelte und wo er 1705 im 42. Lebensjahre starb. Während er noch die Schule besuchte, verlor er sein Gehör, aber statt dadurch vom Studium abgehalten zu werden, wurde sein Eifer nur noch mehr gesteigert, besonders für Mathematik und Mechanik. Gleich jenem alten Philosophen, der sich blendete, um nicht durch den Anblick äufserer Gegenstände in seinen Spekulationen gestört zu werden, soll **Amontons** jede ärztliche Hülfe zur Heilung seines Uebels abgewiesen haben, aus Furcht, er möchte bei Wiedererlangung seines Gehörs durch das Geräusch der Welt zu sehr von seinen Studien abgezogen werden.

Neben den rein mathematischen Wissenschaften beschäftigte sich **Amontons** mit Architektur und Feldmessen,

---

1) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 581.

wodurch er später eine Anstellung im Staatsdienst erhielt. Eine seiner ersten Forschungen betraf die Darstellung eines Perpetuum mobile, und obwohl er bald die Schwierigkeiten dieses Problems einsah, so konnte er sich doch nicht von der Unmöglichkeit der Lösung desselben überzeugen, was damals freilich noch verzeihlich war.

Im J. 1687 machte er sich zuerst der pariser Akademie bekannt durch Ueberreichung eines Hygrometers (Hygroskops), welches 1688 von **Regis** im Journal des savants beschrieben wurde. Dasselbe besteht aus einer etwa 34 Zoll langen Glasröhre, welche oben in ein Gefäfs *f* und unten in eine Kugel *a*, Fig. 19, endigt; letztere hat bei *c* eine kleine Oeffnung und ist von einer anderen Kugel *d* aus Horn, Tannenholz oder am besten aus Hammelfell umgeben. Die Kugel *d* ist ganz, die Glaskugel *a* halb mit Quecksilber gefüllt, darüber befindet sich bis *b* in der Röhre Spiritus und zwischen *b* und *f* Oel, welches in dem oberen Gefäfs ein möglichst konstantes Niveau und gleichmäfsigen Druck herstellen soll, auch nicht verdunstet. Der Gebrauch des Instruments gründet sich darauf, dafs bei zunehmender Feuchtigkeit der Luft die Lederkugel sich ausdehnt, die Flüssigkeiten in der Röhre daher sinken, was an der Gränzschicht zwischen Oel und Spiritus leicht ersichtlich ist, und durch eine Skala an dieser Stelle gemessen werden kann; in trockner Luft dagegen vermindert sich der Rauminhalt von *d*, und die flüssige Säule in der Röhre steigt.[1])

Fig. 19.

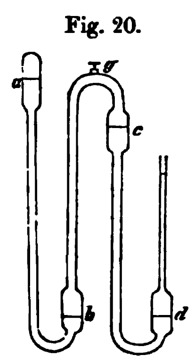
Eine fernere Frucht seines Studiums war ein kleines Werk, welches er 1695 zu Paris herausgab unter dem Titel: *Remarques et expériences physiques sur la construction d'une nouvelle clepsydre, sur les baromètres, thermomètres et hygromètres.* Vermuthlich war es dieses Werk, dem er im J. 1699 seine Aufnahme in die pariser Akademie zu

[1]) **Fischer**, ibid. III, 344.

danken hatte, der er nun bis zu seinem leider schon 6 Jahre darauf erfolgten Tod als Mitglied angehörte.

219. Wie so häufig der erste Gegenstand, auf welchen ein Naturforscher aus irgend einem Umstand verfällt, die Richtung seiner Untersuchungen für die ganze übrige Lebenszeit bedingt, so sehen wir auch **Amontons**, der mit dem Hygrometer debütirte, sich späterhin vorwaltend mit Vervollkommnung der meteorologischen Instrumente beschäftigen. Namentlich ist es das Barometer, an dem er mehrfache Proben seines Scharfsinns abgelegt hat, wenngleich daraus keine praktischen Resultate hervorgegangen sind. So ersann er um die Unbequemlichkeiten zu heben, die aus der grofsen Länge des Barometers entspringen, im J. 1688 das abgekürzte Barometer. Dasselbe Fig. 20 hat mehrere mit einander verbundene auf- und abgehende

Fig. 20.



Röhren, von denen *ab* mit Quecksilber, *bc* mit Luft oder einer anderen Flüssigkeit, *cd* wieder mit Quecksilber gefüllt ist u. s. w. Zwei Quecksilbersäulen bringen die Länge des Barometers auf die Hälfte, vier auf $\frac{1}{4}$ von 28 Zoll herab, und die zwischen denselben befindlichen Luftsäulen übertragen den Druck der vorangehenden Quecksilbersäulen auf die nachfolgenden, so dafs schliefslich auf *d* die Summe aller Säulen von unten herauf drückt. Es werden hier aber die Aenderungen des Drucks desto kleiner ausfallen, je gröfser die Anzahl der Quecksilbersäulen ist; deshalb brachte **Amontons** noch über *d* eine enge, mit einer leichten Flüssigkeit gefüllten Röhre an, in welcher die Druckänderungen vergröfsert auftraten. Durch die verschliefsbare Röhre *g* findet die Füllung des Instrumentes statt. — Die ganze Einrichtung ist zwar sinnreich, aber schwierig in der Ausführung und erheblichen Fehlern bei der Beobachtung ausgesetzt.[1])

[1]) Fischer, ibid. II, 423.

Noch sinnreicher ist das konische Barometer, welches **Amontons** ebenfalls in seinen Remarques von 1695 beschrieb. Dasselbe besteht einfach aus einer graden Röhre, die sich konisch nach oben verengt, und deren Länge von dem Winkel des Axenschnitts dieses Kegels abhängig ist. Am oberen Ende ist sie zugeschmolzen, am unteren und weiteren Ende offen, und so eng, daſs das Quecksilber nicht auslaufen kann, da es hier allein von der Luft getragen wird. Wenn nun der Luftdruck 28 Zoll beträgt, so wird das Quecksilber in dem konischen Barometer eine solche Stellung einnehmen, daſs es dem Druck der Luft das Gleichgewicht hält; bei weiterer Abnahme des Luftdrucks wird es unter diese Stellung sinken, bei Zunahme über sie hinaussteigen, wonach die Skale anzulegen ist. — Leider ist die gut erdachte Einrichtung nicht ohne bedenkliche Fehler.

In diesen beiden Instrumenten hat **Amontons** keine Vorgänger; dagegen hat er noch ein Doppelbarometer und ein Meerbarometer beschrieben, zu denen bereits früher **Hooke** die Idee angegeben hatte. Ein bleibenderes Verdienst als durch Erfindung aller dieser Instrumente hat sich **Amontons** dadurch erworben, daſs er zuerst den Einfluſs der Wärme auf das Barometer erkannte und die Nothwendigkeit einsah, den Barometerstand wegen der Temperatur zu berichtigen.

Er versuchte auch die Ausdehnung des Quecksilbers zu bestimmen, und kam zu dem Resultat, daſs sie von der gröſsten Winterkälte in Paris bis zur gröſsten Sommerwärme daselbst, also etwa zwischen — 14° R. bis + 22° R. $= \frac{1}{115}$ des Volumens betrage.[1]) Das war freilich noch eine sehr rohe Bestimmung, besonders wegen der unsicheren Temperaturangabe, aber für die Zeit doch recht schätzbar, und jedenfalls beschämte **Amontons** manchen späteren Physiker, der den Einfluſs der Wärme läugnete, wie u. A. noch im J. 1738 der Engländer **Beighton**[2]) das Auskochen

[1]) Fischer, ibid. II, 427; Mém. de l'Acad. de Paris, 1704.

[2]) Fischer, ibid. IV, 173.

des Barometers als ein Mittel angab, dasselbe für den Einfluſs der Wärme unempfindlich zu machen.

Uebrigens ward zu **Amontons'** Zeiten die Nothwendigkeit des Auskochens der Barometer noch nicht eingesehn, man hatte nur unausgekochte Barometer, und daher kam denn freilich die Korrektion von **Amontons** wegen der Temperatur noch zu früh. Wie wenig man damals die Nothwendigkeit des Auskochens der Barometer einsah, und wie schwer man die aus der Unterlassung desselben entspringenden Erscheinungen zu erklären vermochte, davon giebt die Geschichte mit dem Barometer des Kanzlers **Pontchartrain** einen schlagenden Beweis [1]). Dies Barometer stand 18 — 19 Linien tiefer als alle übrigen Barometer in Paris, und kein Physiker daselbst wuſste den Grund davon anzugeben. Die Sache kam an die Akademie und wurde **Amontons** übergeben; aber dieser kam damit nicht zu Stande, sondern starb darüber weg ohne eine andere wie die sehr unglaubliche Hypothese geben zu können, daſs das Glas der Röhre dieses Barometers porös sein müsse. Erst ein Jahr darauf 1706 klärte sich die Sache auf, indem **Homberg** anzeigte, daſs er die Röhre vor dem Füllen mit Quecksilber mit Weingeist ausgespült habe, und etwas von letzterem in der Röhre zurückgeblieben sein möchte, dessen Dampf in den torricellischen Raum gestiegen sei, und die Quecksilbersäule herabgedrückt habe. Trotz dieses auffälligen Vorganges verfiel man doch nicht darauf die Barometer auszukochen, sondern lieſs auf diese so wesentliche Vervollkommnung des Instruments noch über 30 Jahre verflieſsen.

Auskochen des Barometers.

220. Da ich eben vom Auskochen des Barometers sprach, so kann ich nicht der Versuchung widerstehen hier kurz die Geschichte dieser Operation mitzutheilen, obwohl

[1]) Fischer, ibid. II, 425.

sie über die Periode hinausreicht, die wir gegenwärtig betrachten. Sie bildet eine merkwürdige Episode in der Geschichte des Barometers überhaupt, da sie sich nahe an 90 Jahre fortspinnt, und ihren Ursprung allerdings schon in der Zeit nimmt, mit welcher wir uns jetzt beschäftigen, nämlich im letzten Drittel des XVII. Jahrhunderts.

Es war im J. 1675, da **Picard** zufällig die Beobachtung machte, daſs sein Barometer, wenn er es im Dunkeln in eine schaukelnde Bewegung versetzte, in der torricellischen Leere ein blitzendes Leuchten zeigte [1]. Auch **Cassini** hatte ein Barometer, das im Dunkeln leuchtete, da aber andere und die meisten Barometer dieses Phänomen nicht zeigten, so betrachtete man es als eine bloſse Kuriosität, nannte es merkurialischen Phosphor und beachtete es nicht weiter. Erst 1700 untersuchte der berühmte Mathematiker **Joh. Bernoulli** den Gegenstand näher, und glaubte ein Mittel entdeckt zu haben leuchtende Barometer zu verfertigen. Er theilte diese Entdeckung der pariser Akademie mit, allein es wollte in Paris nicht gelingen leuchtende Barometer nach seiner Vorschrift darzustellen. Das bewog ihn 1701 eine zweite Abhandlung darüber zu schreiben, und als diese auch nicht gehörig Beachtung fand, schrieb er 1719 noch eine dritte und ausführlichere. In dieser setzt **Bernoulli** nun weitläuftig auseinander, unter welchen Umständen ein Barometer phosphorescire, wovon dies bedingt werde, und wie man das Leuchten hervorbringen könne.

Zur Darstellung leuchtender Barometer gab er drei verschiedene Vorschriften, die aber alle nicht das Rechte trafen, dagegen rief seine Abhandlung eine ganze Fluth von Schriften über das räthselhafte Phänomen hervor. So schrieben darüber 1706 der berühmte holländische Physiker **Musschenbroek** und der französische Arzt **Dutal**; 1708 der Engländer **Hawksbee**; 1710 der Holländer **Hartsoeker**, welcher **Bernoulli** sehr angriff und dafür von diesem

[1]) Fischer, ibid. III, 429.

ebenso derb zurecht gewiesen wurde; 1715 der Prof. der Mathematik **J. F. Weidler** zu Wittenberg; 1716 **J. G. Liebknecht**, Prof. der Mathematik zu Giessen und **Michael Heusinger** ebendaselbst; 1717 der französische Physiker **Mairan**.

Alle diese Arbeiten trugen aber nichts zur Aufhellung der Sache bei, weder in Betreff der Hervorbringung des Phänomens, noch was seine Ursache anlangt. Die Meisten glaubten es erklärt zu haben, wenn sie es merkurialischen Phosphor nannten, und **Mairan**, dessen Abhandlung von der Akademie zu Bordeaux gekrönt wurde, glaubte sogar, es käme vom Schwefel im Quecksilber. So blieb die Sache bis zum J. 1723. Da veröffentlichte **Dufay**, ein Mitglied der pariser Akademie, der sich um die Elektricitätslehre verdient gemacht hat, eine Abhandlung in den Mém. de l'Acad. de Paris, worin er angab, daſs er von einem deutschen Glasbläser die Kunst gelernt habe mit Sicherheit leuchtende Barometer zu machen. Die Kunst bestand darin das Barometer auszukochen, und zwar unvollkommen, denn es wurde vorgeschrieben erst $\frac{1}{3}$ der Röhre mit Quecksilber zu füllen und auszukochen, dann das zweite Drittel ebenso zu behandeln, und dann das letzte Drittel bloſs zu füllen ohne zu kochen. **Dufay** gab eigens an, daſs wenn man das Barometerrohr stark erhitze, darauf mit kochendem Quecksilber fülle, und dann noch durch Umrühren mit einem eisernen Draht alle Luft entferne, das Barometer durchaus nicht im Dunkeln leuchte [1]).

Auch **Dufay** verfiel noch nicht darauf das besagte Leuchten für ein elektrisches Phänomen zu halten, obwohl er die von **Heusinger** aufgestellte Meinung verwarf, daſs die Witterung einen Einfluſs darauf habe. Nach ihm rührte die Erscheinung von Feuertheilchen her, welche das Quecksilber beim Kochen aufnähme, und später langsam entweichen lieſse! So blieb die Sache wiederum 17 Jahre liegen. Man kochte hin und wieder die Baro-

---

[1]) Fischer, ibid. III, 437.

meter, aber nur um das Leuchten derselben zu studiren oder sich daran zu vergnügen.

Im J. 1740 bereiteten sich **Cassini** und **Le Monnier** zu einer Reise in die Pyrenäen vor; sie wollten zur Reserve ihrer Barometer Röhren mitnehmen, welche mit Quecksilber gefüllt waren, und kamen auf den Einfall diese auskochen zu lassen, zugleich um zu sehen, ob dieselben im Dunkeln leuchtend würden, wie es **Dufay** beobachtet hatte [1]. Sie fanden dies bestätigt und machten dabei die für sie neue Beobachtung, daſs die ausgekochten Barometer nicht nur höher standen als die unausgekochten, sondern auch sämmtlich eine gleiche Höhe der Quecksilbersäule besaſsen, also unter sich übereinstimmten, was bis dahin bei unausgekochten Barometern noch nicht hatte gelingen wollen. Von nun an wurden die Barometer ausgekocht um sie übereinstimmend zu machen, aber was die Ursache dieser Uebereinstimmung sei, das wuſsten weder **Cassini** und **Le Monnier** noch irgend ein anderer Physiker ihrer Zeit anzugeben.

Erst dem genfer Physiker **Deluc** war es vorbehalten, die so einfache Ursache dieser Uebereinstimmung und die Nothwendigkeit des Auskochens zu einem guten Barometer einzusehen, und dies legte er dar in seinen *Recherches sur les modifications de l'atmosphère*, welche er 1762 der pariser Akademie zur Prüfung übergab, aber erst 1772 in Genf drucken lieſs [2].

Verbesserung der Thermometer.

221. Die im Vorstehenden zur Geschichte der Barometer beigebrachten Nachrichten knüpften an die Leistungen **Amontons**' auf diesem Gebiete an; derselbe spielt aber auch in der Geschichte des Thermometers eine ehrenhafte Rolle. Unter Anderm machte er im J. 1702 die Beobachtung, daſs die Temperatur des siedenden Wassers eine

---

[1]) Fischer, ibid. IV, 172.
[2]) Ibid. IV, 176.

konstante sei, und er legte mit Recht auf diese Wahrnehmung viel Gewicht, auch müfste man sie ihm als eine bedeutende Entdeckung anrechnen, wenn man ihm die Priorität darin könnte zuerkennen. Das kann nun aber freilich nicht geschehen, da **Amontons** ganz bestimmt, wenigstens einen Vorgänger hierin gehabt hat, obgleich er von demselben wohl nichts gewufst hat.

Es war dies der schon früher erwähnte **Renaldini** (§ 171), welcher bereits 1694 in seiner Philosophia naturalis sowohl den Siedepunkt des Wassers als den Schmelzpunkt des Eises als feste Temperaturen bezeichnete, und zur Konstruktion der Thermometerskala vorschlug. Auch soll **Robert Hooke** bereits 1664, also ziemlich gleichzeitig mit den Florentinern die Konstanz der Schmelztemperatur des Eises und 1684, also vor **Renaldini**, die Konstanz der Siedehitze des Wassers erkannt und als feste Punkte der Thermometerskala vorgeschlagen haben. So sagt **Brewster's** Edinburgh Encyclopaedie, Vol. XI, p. 110 auf Autorität eines Manuskripts von **Robison**; allein in **Birch's** *History of the Royal Society* von 1684 finde ich nichts darüber, auch nicht in **Hooke's** Philosoph. Experiments von **Derham** herausgegeben, und überdies scheint nach Edinb. Encyclop. Vol. XVIII, p. 590 **Hooke's** Verfahren der Graduirung mit dem von **Boyle** Aehnlichkeit gehabt zu haben; es wird dabei die Mikrographie p. 13 citirt.

Freilich kannten aufserdem auch **Halley** [1]), welcher angiebt die Beobachtung schon 1688 gemacht zu haben, sowie **Newton** [2]) die Konstanz der Siedehitze des Wassers, allein diese suchten nicht, wie es **Amontons** that, eine Anwendung auf die Graduirung des Thermometers zu machen. Ueberhaupt ist merkwürdig, dafs die beiden festen Temperaturen des Wassers, nachdem sie beobachtet waren, so wenig beachtet wurden hinsichtlich ihrer Verwendung für das Thermometer. So kannte die Accademia del Cimento

---

[1]) Philosoph. Transactions 1693.
[2]) Ibid. 1701.

wenigstens die Konstanz der Schmelztemperatur des Eises, und regulirte doch nicht im Geringsten ihr Thermometer danach.

Boyle, der das florentiner Thermometer frühzeitig kennen lernte, sah zwar die Mängel seiner Theilung ein und suchte sie zu verbessern, aber obwohl er auch die Konstanz des Schmelzpunktes vom Eise kannte, so machte er keinen Gebrauch davon. Er schlug als einen Fixpunkt der Thermometerskala den Schmelzpunkt des festen Anisöls vor, weil dieses leichter in allen Jahreszeiten zu haben sei, und weil er aufserdem an der völligen Konstanz des Schmelzpunktes des Eises zweifelte! ein Zweifel, den auch **Derham**, **Halley** und **Musschenbroek** theilten, indem sie glaubten der Schmelzpunkt sei nach der geographischen Breite verschieden [1]).

Mit dem einen Festpunkt des schmelzenden Anisöls wollte dann **Boyle** die Graduirung auf die Weise vornehmen, dafs er $\frac{1}{10000}$ oder sonst einen Bruchtheil der Ausdehnung des Oels als Grad ansah.

Halley hat allerdings, wie eben erwähnt, schon vor **Amontons** die Konstanz der Siedehitze des Wassers beobachtet, aber ebenfalls keine Anwendung davon auf das Thermometer gemacht. Er füllte thermometerartige offene Gefäfse mit Quecksilber und Wasser, tauchte sie in Wasser und brachte dieses über Feuer zum Sieden, um zu sehen, wie viel sich die genannten Flüssigkeiten ausdehnen würden. Bei dieser Untersuchung, bei welcher er den Fehler beging die Ausgangstemperatur nicht näher zu bestimmen (wahrscheinlich war es die mittlere Temperatur der Luft), fand er nun, dafs die Ausdehnung der beiden Flüssigkeiten bis zur Siedehitze des Wassers eine scharfe Gränze hatte. Er fand sie für das Wasser $= \frac{1}{26}$.

Einige Jahre früher, nämlich 1684 hatte **Hooke** eine gleiche Bestimmung auf andere Weise gemacht, und zwar *to examine the limits of heat and cold, that water will en-*

---

[1]) Brewster, Edinb. Encycl. XVIII, 590.

dure in the guise of a liquor etc. wog er eine Eisenkugel in Wasser, das eben gefrieren wollte, und in Wasser, das eben im Begriff zum Sieden stand, und dabei fand er, dafs es im letzteren Zustand um $\frac{1}{30}$ specifisch leichter war [1]). Vermuthlich ist es dieser Versuch, worauf **Robison** die oben erwähnte Angabe stützt, ich finde aber a. a. O. nicht, dafs **Hooke** dies Resultat für das Thermometer verwerthet habe.

Für das Quecksilber fand **Halley** die Ausdehnung $= \frac{1}{74}$. Man findet wohl angegeben, dafs **Halley** bereits 1680 das Quecksilber als thermometrische Flüssigkeit vorgeschlagen habe, allein an der betreffenden Stelle [2]) sagt er, es würde sich wohl zu diesem Gebrauche eignen, wenn seine Ausdehnung beträchtlicher wäre, er hat es also 1693 nicht als thermometrische Substanz empfohlen; dagegen, fügt er hinzu, dafs, wie klein auch die Ausdehnung sei, sie doch einen Einflufs habe auf die Quecksilberhöhe im Barometer. Er wäre demnach in der Erkennung des Einflusses der Wärme **Amontons** zuvorgekommen, ich finde aber nicht, dafs er die Nothwendigkeit einer Wärmekorrektion des Barometers empfohlen hätte.

Halley stellte den eben angegebenen Versuch auch mit Weingeist an; allein da er ein offenes thermometerartiges Gefäfs damit gefüllt hatte, so konnte er natürlich nicht bis zum Siedepunkt des Wassers gehen, sondern mufste den Versuch abbrechen, sobald der Weingeist zu sieden anfing. Diesen Siedepunkt des Weingeistes, nicht den des Wassers, wollte **Halley** als oberen Fixpunkt der Thermometerskale angesehen wissen, weil er eben gefunden, dafs sich das Volumen des Weingeistes dabei nicht mehr vergröfserte. Als unteren Fixpunkt schlug er die Temperatur tiefer Keller vor, weil er sie für konstanter und leichter bestimmbar hielt, als den Schmelzpunkt des Anisöls oder Eises.

---

[1]) Birch, History of the Royal Society, Vol. IV, p. 265. 269.

[2]) Philosoph. Transact. 1693.

Man sieht hieraus, daſs **Halley** noch weit davon entfernt war die Thermometerskale auf eine sichere Grundlage zurückzuführen, namentlich hing ja bei ihm der obere Normalpunkt der Skale ganz von dem Wassergehalt des Weingeistes ab, mit dem er das Thermometer füllte.

Was **Newton** betrifft, so war seine Thermometerskale schon bedeutend besser, aber doch keineswegs tadelfrei. Als Flüssigkeit in seinem Thermometer diente Leinöl, und seine festen Punkte waren die Temperatur des schmelzenden Schnees = 0° R. und die Temperatur des menschlichen Körpers, zwischen denen er die Skale in 12 Theile theilte. Von der Siedehitze des Wassers machte er zum Graduiren seines Thermometers keinen Gebrauch, obwohl er deren Konstanz kannte; er setzte sie = 34° seiner Skala. Es war dies eigentlich nur die Abkürzung einer Graduirung, wonach

das Volumen des Leinöls bei	0°	**Newton**	= 10000
- - -	12°	-	= 10256
- - -	34°	-	= 10725

war, doch setzte er die Siedehitze nicht als ganz konstant, sondern das anfangende Sieden = 33° seiner Skale, das starke Sieden = 34°, welches bis 34½ gehen könne.

Es ist dies eigentlich nur ein Beweis von der Genauigkeit, mit welcher **Newton** beobachtete, denn wenn man, wie er es that, das Thermometer in das Wasser selbst taucht, so sind solche Schwankungen unvermeidlich. Was wir heut zu Tage Siedehitze des Wassers schlechthin nennen, ist nicht die Temperatur des siedenden Wassers, sondern die Temperatur des aus dem siedenden Wasser aufsteigenden Dampfes. Nur diese ist, und zwar für einen bestimmten Druck der Atmosphäre konstant; die Temperatur des siedenden Wassers dagegen ist veränderlich und hängt ab, auſser vom Luftdruck auch von der Natur der Gefäſse, der Tiefe des Eintauchens, der Reinheit des Wassers u. a. m.

Vielleicht gab dieser Umstand Veranlassung, daſs **Newton** die Siedehitze des Wassers nicht zur Entwerfung

der Thermometerskale benutzte, vielleicht war er selbst mit der Thatsache bekannt, dafs der Siedepunkt vom Barometerstand abhängt. **Amontons** wufste von dieser Beziehung noch nichts, obwohl er aus **Boyle's** und **Papin's** Versuchen mit ihr hätte bekannt werden können, und auch **Mariotte** sie kannte, und daraus den ganz richtigen Schlufs zog, dafs das Wasser auf Bergen bei einer niedrigeren Temperatur sieden müsse, als am Fufse derselben, ein Schlufs, der erst viele Jahre später seine experimentelle Bestätigung fand. Es war nämlich **Le Monnier**, der am 6. Okt. 1739 auf dem Canigou in den Pyrenäen die Beobachtung machte, dafs daselbst bei 20″ 2,5‴ Barometerstand das Wasser 9° niedriger siede als in Perpignan.

222. Geht nun aus Allen diesem hervor, dafs **Amontons** die Konstanz der Siedehitze des Wassers weder zuerst beobachtet noch die Umstände erkannt hat, unter denen sie eigentlich konstant ist, so mufs man ihm doch das Verdienst lassen, dafs er sie zur Konstruktion eines Thermometers benutzte, welches in mancher Hinsicht entschiedene Vorzüge vor den bis dahin angefertigten besafs. Er konstruirte nämlich das erste wirkliche Luftthermometer, welches nicht auch zugleich Barometer war. Die Einrichtung desselben war folgende: eine lange, oben offene, enge Glasröhre *ab* (Fig. 21) ist unten umgebogen und endigt mit einer Kugel *c*. In dem Apparat ist so viel Quecksilber, dafs, wenn man ihn in siedendes Wasser stellt und der Barometerstand 28″ ist, das Quecksilber bei *b* 45 Zoll über dem Niveau in der Kugel steht, der Gesammtdruck der erhitzten Luft also 28 + 45 = 73″ beträgt. Von dem mit 73 bezeichneten Punkte ist die Röhre in pariser Zoll und Linien abwärts getheilt, welche auch rückwärts gezählt sind, so dafs im Quecksilberspiegel *ca*, wenn die Bezeichnung so tief herab nöthig gewesen wäre, 28 hätte stehen müssen. Verminderte sich nun bei der Abkühlung die Elasticität der in der Kugel eingeschlosse-

Fig. 21.

nen Luft, so sank die Quecksilbersäule in der Röhre *ab*, und wenn man dann jedesmal von ihr so viel abzog, als zur Zeit der Beobachtung die Barometerhöhe über 28", oder so viel hinzusetzte, als sie unter 28 Zoll betrug, so hatte man nach **Amontons'** Meinung den vom veränderlichen Luftdruck befreiten Wärmeeffekt allein. Auf diese Weise fand er die Wärme des gefrierenden Wassers $51\frac{1}{2}$ Zoll, und in dem Keller der pariser Sternwarte 54 Zoll[1]).

Es ist wohl zu merken, daſs das Luftthermometer von **Amontons** nicht bloſs durch diese Korrektion, sondern auch in seinem Princip sich wesentlich von allen früheren Instrumenten der Art unterschied. Bei allen bis dahin konstruirten Luftthermometern wurde die Temperatur gemessen oder geschätzt durch die Ausdehnung oder Volumenvergröſserung der eingeschlossenen Luft; bei dem Amontonsschen Instrumente dagegen wurde sie gemessen durch den Anwuchs der Spannkraft der Luft, deren Volumen im Wesentlichen konstant blieb, da die Durchmesser der Röhre und Kugel im Verhältniſs 1 : 58 standen. Dies Princip ist ganz gemäſs unserer heutigen Gleichung

$$\frac{V'}{V}=\frac{P}{P'}\frac{(1+at')}{(1+at)},$$

welche gerechtfertigt ist, soweit das Mariotte'sche Gesetz richtig ist. **Amontons** hatte dasselbe bestätigt gefunden[2]), allein der Satz

$$\frac{P'}{P}=\frac{1+at'}{1+at},\text{ wenn } V=V',$$

möchte bei ihm doch wohl mehr vorausgesetzt als erwiesen sein. Das Verhältniſs $P':P$ für seine Temperaturen 54" und 73", d. i. Kellerwärme und Siedehitze, fand er = 1 : 1,35, was auf 0° und 100° reducirt 1 : 1,4 giebt.[3])

Das Amontons'sche Luftthermometer ist natürlich wegen seiner groſsen Länge sehr unbequem zu gewöhnlichem Gebrauch, er wollte es auch nicht dazu benutzen, sondern als Normalthermometer verwenden, um danach

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. III, 218.

[2]) Ibid. II, 461.

[3]) Ibid. II, 468.

seine Weingeistthermometer zu reguliren. Die grofse Länge und Masse des ganzen Instruments machen es gewifs recht schwierig, dasselbe ganz in siedendes Wasser zu versenken, und ihm eine gleichmäfsige Temperatur zu geben, dasselbe auch bei der Handhabung und dem Transport vor Luftverlust zu bewahren. Diese Mängel, zu denen auch der ungleiche Feuchtigkeitszustand der eingeschlossenen Luft bei verschiedenen Thermometern der Art kommt, flöfsen doch einiges Mifstrauen gegen die Zuverlässigkeit dieses jedenfalls recht sinnreichen Instrumentes ein, mit welchem übrigens der Marquis **Poleni** 11 Jahre hindurch zu Padua, von 1725 bis 1736, meteorologische Beobachtungen anstellte.

Um die Berichtigungen wegen des Barometerstandes an dem in Rede stehenden Thermometer entbehrlich zu machen, schlug 14 Jahre später ein Zeitgenosse von **Amontons**, der ausgezeichnete Physiko-Mathematiker **Jakob Hermann** (1678 — 1733) aus Basel vor, die Röhre oben zuzuschmelzen, wodurch das Luftthermometer **Amontons**'s die Form eines Barometers erhielt. Er beschrieb das so abgeänderte Instrument in seiner *Phoronomia seu de viribus et motibus corporum solidorum et fluidorum*, *Amstel. 1716*. Dies Thermometer, das man noch in physikalischen Kabineten antrifft, zeigt direkt die Elasticität und damit die Temperatur der eingeschlossenen Luft an, sobald die Quecksilbersäule wegen ihrer Temperatur korrigirt ist. Dasselbe Instrument wurde 1719 in den Actis Erudit. nochmals als neu beschrieben von **Balthasar**, Prof. der Mathematik zu Erlangen, der es indefs auch ein Jahr lang zu meteorologischen Beobachtungen benutzte, während es bei **Hermann** blofser Vorschlag geblieben zu sein scheint.

223. Amontons suchte auch mit seinen Thermometern höhere Temperaturen zu messen, als sie unmittelbar anzugeben vermochten. Er machte zu dem Ende eine dicke Eisenstange über Kohlenfeuer an einem Ende glühend, erst in aufrechter Stellung; dann legte er sie horizontal und ermittelte die Stellen, wo sie grade die Hitze hatte,

welche nöthig war, um Wachs, Zinn, Blei, Glas u. s. w. zu schmelzen. Vorher hatte er am kälteren Ende der Stange die niedrigeren Temperaturen gewisser Stellen mittelst seines Luftthermometers bestimmt, und indem er nun annahm, daſs die Temperatur nach dem heiſseren Ende hin in arithmetischer Progression zunehme, konnte er leicht die Schmelzpunkte von Wachs, Zinn, Blei, Glas u. s. w. auffinden.

Dies Verfahren ist gewiſs recht sinnreich und nützlich; nur schade für **Amontons**, daſs er es weder erfunden noch richtig angewandt hat. Die Erfindung dieser Methode gehört **Newton**, der sie ein Jahr zuvor, nämlich 1701 in den Philosoph. Transact. beschrieb und zwar anonym unter dem Titel: Eine Skale von Hitzegraden. **Newton** kommt durch eine Theorie, die ich späterhin (§ 283) erörtern werde, zu dem Schluſs, daſs die Temperaturen einer Metallstange, die an einem Ende einer konstanten Wärmequelle ausgesetzt wird, durch die Ordinaten einer logarithmischen Linie dargestellt werden, und daher muſsten denn seine Angaben von denen **Amontons**'s abweichen. Indeſs ist der Unterschied bis zu einer Temperatur von etwa 540° F. zwischen beiden Annahmen nicht sehr bedeutend.[1]) — **Amontons** selbst macht übrigens keinen Anspruch auf die Erfindung; er kannte den Aufsatz von **Newton** nicht allein sehr gut, sondern stellte seine Versuche auch grade in der Absicht an, um die vermeintlichen Fehler darin zu verbessern.

224. Auſser den bisher genannten Arbeiten hat sich **Amontons** noch dadurch einen Namen gemacht, daſs er die erste wissenschaftliche Untersuchung über die Reibung zwischen starren Körpern anstellte; dieselbe ist in den pariser Memoiren von 1699 beschrieben in der Abhandlung: *Sur la résistance causée dans les machines par le frottement et par la roideur des cordes.* Bis dahin hatte man nur sehr vage Begriffe von der Reibung gehabt, man

---

1) Lambert, Pyrometrie, S. 186.

glaubte allgemein, die Stärke der Reibung wäre blofs der Gröfse der reibenden Fläche proportional; **Amontons** zeigte zuerst, dafs es dabei auch auf den Druck ankomme.

Um dies nachzuweisen, legte er den zu untersuchenden Körper auf eine horizontale Unterlage, befestigte an denselben eine Schnur, welche er parallel mit der Reibungsfläche über eine Rolle führte und am Ende mit einem Gewicht belastete. Hierauf bestimmte er das gröfseste Gewicht, welches den Körper noch nicht bewegte und dann dasjenige, welches ihn eben in Bewegung setzte; das Mittel daraus sah er als Mafs der Reibung an. Körper und Unterlage waren einzeln oder beide in seinen Versuchen von Eisen, Blei, Kupfer und Holz, deren Reibung er gleich $\frac{1}{3}$ vom Gewicht des Körpers fand. Wie die Reibung vom Druck abhange zeigte **Amontons** sinnig an einem Parallelepipedum, welches er erst auf eine seiner grofsen, dann auf eine seiner kleineren Flächen legte, und beide Male auf seine Reibung untersuchte; trotz der ungleichen Gröfse der Flächen, war die Reibung in beiden Fällen gleich.[1]) Diese Untersuchung ist Veranlassung gewesen, dafs sowohl gleichzeitige wie spätere Physiker dem Phänomen der Reibung ihre Aufmerksamkeit zuwandten.

Als letzte Proben der Thätigkeit und Erfindungskraft von **Amontons** will ich noch anführen, dafs er einen Telegraphen und eine Art Dampf- oder Feuermaschine konstruirte. Sein Telegraph war dem heutigen mit beweglichen Linealen sehr ähnlich, und er experimentirte damit im J. 1702 in Gegenwart des Hofes vor einem grofsen Publikum. Es war dies aber nicht der erste Telegraph, **Hooke** hatte schon früher einen derartigen angegeben. Seine sogenannte Dampfmaschine, moulin à feu, Feuer- oder Wasserrad bewirkte die Bewegung durch erhitzte Luft, war aber unpraktisch und ist wohl nie ausgeführt.

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 388.

Dalencé.

225. Da ich in dem Bisherigen viel von den Vervollkommnungen des Thermometers gesprochen habe, so kann ich nicht unterlassen, sogleich auf **Amontons** ein Paar Männer folgen zu lassen, die sich in dieser Hinsicht wesentliche Verdienste erworben haben, nämlich den Franzosen **Dalencé** und unseren Landsmann **Fahrenheit**.

Was **Dalencé** betrifft, so ist er Verfasser eines Büchelchens in 12°, betitelt: *Traité des baromètres, thermomètres et notiomètres*, welches im J. 1688 zu Amsterdam anonym erschien, und in der Geschichte des Thermometers in sofern eine Rolle spielt, als durch dasselbe hauptsächlich der Irrthum verbreitet worden ist, daſs **Cornelius Drebbel** der Erfinder dieses Instrumentes sei. Weit bemerkenswerther als durch diese irrige Angabe ist aber das genannte Büchelchen dadurch, daſs sich darin zu allererst das wahre Princip zur Entwerfung einer richtigen Thermometerskala aufgestellt findet, das Princip nämlich, das Thermometer nach einander in zwei von Natur konstante Temperaturen zu versetzen und den Zwischenraum der Punkte, welche das Instrument angiebt, in gleiche Theile zu theilen.

In diesem Princip, das zu richtigen Resultaten führt, sobald die thermometrische Flüssigkeit sich wirklich den Temperaturen proportional ausdehnt, und der Stiel des Instruments genau cylindrisch ist, hat **Dalencé** sogar die Priorität vor **Renaldini**, aber er steht diesem darin nach, daſs er als feste Temperatur nicht den Schmelzpunkt des Eises und die Siedehitze des Wassers wählte, sondern andere minder zweckmäſsige Temperaturen. Er gab zwei Skalen an; in der ersten bestimmte er die festen Punkte durch

Schmelzende Butter . . .	+ 10° Dal.	= 30° C.
In der Mitte	0° -	
Lufttemperatur beim Anfang des Gefrierens	— 10° -	= 0° -

Die Fundamentalpunkte für die zweite Skale lieferten ihm ein tiefer verschlossener Keller und eine Mischung

von Eis und Kochsalz. Diese Temperaturen waren, wie ersichtlich, nicht zweckmäſsig und konnten um so weniger richtige Resultate geben, als sie von **Dalencé** auf das Weingeistthermometer angewandt wurden, aber das Princip der Graduirung war doch richtig und bis dahin nicht aufgestellt.[1])

Fahrenheit.

226. Ich komme nun zu unserm Landsmann **Fahrenheit**. Die Zeit seines Wirkens reicht zwar schon etwas weit in das XVIII. Jahrhundert, da indeſs seine Leistungen einen gewissen Abschnitt in der Geschichte des Thermometers machen, so glaube ich sie hier füglich anreihen zu können.

Daniel Gabriel Fahrenheit war geboren zu Danzig im J. 1686, und anfangs zum Kaufmannsstande bestimmt. In dieser Absicht wurde er 1701 nach Amsterdam geschickt, seine Neigung zur Physik zog ihn aber bald gänzlich von diesem Stande ab. Um seine Kenntnisse zu erweitern, machte er mehrfache Reisen nach England, Frankreich und Deutschland, und da er schon frühzeitig eine ungewöhnliche Geschicklichkeit in der damals noch seltenen Kunst der Anfertigung von Thermometern erlangt hatte, so erwarb er sich dadurch überall Freunde unter den Physikern. Gröſstentheils lebte er in Holland, wo er sich des belehrenden Umganges mit **s' Gravesande** und dem berühmten **Boerhaave** erfreute, und auch im J. 1736 starb.

Besonders ist es das Thermometer, welches **Fahrenheit** berühmt gemacht und ihm unter den Zeitgenossen einen solchen Ruf verschafft hat, daſs mit den von ihm angefertigten Instrumenten schon vor dem J. 1709 in vielen Städten des nördlichen Europas Beobachtungen angestellt wurden. Die ersten Thermometer **Fahrenheit's** waren mit Weingeist gefüllt und nur von geringem Umfang, so daſs sie bloſs zu meteorologischen Beobachtungen dienen konnten;

---

[1]) Lambert, Pyrometrie, S. 50.

sie besaſsen aber die köstliche Eigenschaft, daſs sie miteinander übereinstimmten. Wie selten diese Tugend unter den damaligen Thermometern war trotz aller Bemühungen von **Dalencé**, **Renaldini**, **Halley**, **Newton** und **Amontons**, mag daraus erhellen, daſs der berühmte Freiherr **Christian v. Wolf**, Kanzler der Universität zu Halle und Prof. der Philosophie und Mathematik daselbst, sich nicht genug verwundern konnte über zwei Thermometer, die er 1714 von **Fahrenheit** geschenkt bekommen hatte, und welche so genau übereinstimmten, daſs er keinen Unterschied in ihrem Gange entdecken konnte.[1]) Er hielt die Sache für so merkwürdig, daſs er darüber in den Actis Erudit. von 1714 eine Abhandlung schrieb, worin er zum Schluſs die Meinung ausspricht, der Grund der Uebereinstimmung möge wohl in einer besonderen Beschaffenheit des Weingeistes liegen.

Diesen Weingeistthermometern gab **Fahrenheit** im Lauf der Zeit drei verschiedene Skalen, welche man später als gröſsere, mittlere und kleinere unterschieden hat. Ihre Relation war

gröſsere	mittlere	kleinere
90	24	96
0	12	48
90	0	0

Mit Thermometern der ersten Art wurden lange Zeit, von 1725 bis 1740, in Berlin meteorologische Beobachtungen gemacht, desgleichen in Danzig von **Hanov** (gest. 1773) und in Nürnberg von **Doppelmayr** (gest. 1750). Von der zweiten Art waren die **Wolf**'schen, bei denen die Grade in Viertel getheilt waren, und die dritte Skale ist offenbar aus der zweiten durch Viertheilung entstanden.

Ums J. 1714 oder 1715, nach Andern im J. 1720 ging **Fahrenheit** von den Weingeistthermometern zu den Quecksilberthermometern über, gewiſs ein wichtiger Fortschritt! Bei diesen behielt er die dritte Skale bei, und meistens

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. III, 221.

liefs er seine Skale auch nicht weiter als bis 96° gehen, auch stimmten die Quecksilberthermometer mit den Weingeistthermometern überein. Dies hat nun selbst unter späteren Physikern Verwunderung erregt, und man ist sogar soweit gegangen zu glauben, **Fahrenheit** habe ein besonderes Geheimnifs, zumal er, allem Anscheine nach, seine Thermometer nicht nach einem Normalthermometer regulirte, sondern jedes einzeln graduirte. Selbst nachdem er sein Verfahren veröffentlicht hatte, haben Einige geglaubt, und Manche glauben es noch, dafs es nicht offen von ihm mitgetheilt worden sei. Indessen scheint mir dieser Argwohn nich begründet zu sein.

Fahrenheit machte sein Verfahren bekannt in den Philosoph. Transactions 1724, und wie er es dort beschreibt, kommt es im Wesentlichen darauf hinaus, dafs er der Skale seiner Thermometer drei feste Punkte giebt:

1) Die Temperatur eines Gemisches von Eis, Wasser, Salmiak oder Kochsalz; diese nahm er zum Nullpunkt seiner späteren Skalen, und er hielt sie für die absolut gröfseste Kälte, welche die Natur hervorbringe, für den absoluten Wärme-Nullpunkt. Diese Meinung schien auch **Boerhaave** zu theilen, dem überhaupt **Olaf Römer** die Benutzung dieses Punktes zuschrieb [1]). Die Temperatur des vermeintlichen absoluten Nullpunkts von **Fahrenheit** stimmte zufällig überein mit der grofsen Kälte, die im Winter 1709 zu Danzig herrschte, und Einige glauben, **Fahrenheit** habe sie von dieser Winterkälte entlehnt; indefs scheint dem nicht so zu sein, denn derselbe Punkt findet sich auch auf Thermometern, die **Fahrenheit** vor dem J. 1709 konstruirte.

2) Die Temperatur eines Gemisches aus Eis und Wasser, unser gewöhnlicher Nullpunkt, den **Fahrenheit** für den des anfangenden Gefrierens hielt; sein Grad 32.

3) Die Temperatur im Innern des Mundes oder einer der Achselhöhlen als die Temperatur des menschlichen

---

[1]) van Swinden, Comparaison des thermomètres p. 45.

Körpers oder die Blutwärme, die indeſs etwas höher ist; sein Grad 96.

Die Siedehitze des Wassers benutzte **Fahrenheit** nicht, obwohl er in dem eben genannten Aufsatz von 1724 sagt, er habe die Konstanz derselben vor etwa 10 Jahren aus der Abhandlung von **Amontons** kennen gelernt. Einige, z. B. **Muncke** [1]), sind der Meinung, **Fahrenheit** habe sie doch benutzt und die Graduirung ganz nach der heutigen Methode bloſs mit schmelzendem Eis und siedendem Wasser ausgeführt; indeſs ist das eine Vermuthung, die nicht durch anderweitige Gründe unterstützt wird. Die ganze Anlage seiner Skala spricht dagegen, welche auf gewissen theoretischen Ansichten von sechs gleichen Temperaturstufen zu beruhen scheint. So hatten die beiden **Wolf**'schen Thermometer, die nach der zweiten Skale (aus welcher die dritte oder gewöhnliche durch Multiplikation mit 4 abgeleitet ist) graduirt waren, von 4 zu 4 Graden folgende Beischriften, durch welche das Ende der Skale einigen Aufschluſs erhält:

0 = sehr groſse Kälte	16 = heiſs
4 = groſse Kälte	20 = sehr heiſs
8 = kalt	24 = unerträglich heiſs.
12 = mäſsig	

Bei den nicht zu meteorologischen Zwecken bestimmten Quecksilberthermometern erweiterte nun **Fahrenheit** seine Skale und fand so, daſs 212° dem Siedepunkt des Wassers entsprechen, und 600° dem Siedepunkt des Quecksilbers.

Man hat **Fahrenheit** das Verdienst streitig machen wollen, der erste gewesen zu sein, der Quecksilberthermometer verfertigte, und in gewisser Beziehung hat man nicht Unrecht. Wir wissen gegenwärtig, daſs schon die florentiner Physiker zu einzelnen Experimenten Quecksilberthermometer anfertigten (§ 179), wiewohl darüber nichts in ihren Denkschriften steht und es erst jetzt bekannt ge-

[1]) N. Gehler, Neues phys. Wörterb. IX, 860.

worden ist. Auch finde ich in **Birch**[1]), dafs der königl. Gesellschaft in London am 28. Mai 1684 ein Brief von einem Herrn **Musgrave** vorgelesen ward, worin von einem neuen Thermometer in Paris Nachricht gegeben wird, das nur 3" Länge und 5''' im Durchmesser hätte, mit Quecksilber gefüllt sei und sich sehr zur Beobachtung des Verlaufs von Fiebern eigne. Aber dies Thermometer hatte sicher keine ordentliche Skale, und wie wenig Beifall es fand, ersehen wir daraus, dafs **Halley** im J. 1693 das Quecksilber als thermometrische Flüssigkeit förmlich verwarf, und noch im J. 1701 **Newton** zum Leinöl seine Zuflucht nahm. Brauchbare Quecksilberthermometer mit zuverlässiger Skale verfertigt zu haben bleibt ganz ohne Widerrede das Verdienst von **Fahrenheit**.

Die Beschäftigung mit dem Thermometer führte **Fahrenheit** darauf, den Siedepunkt verschiedener Flüssigkeiten zu bestimmen, worüber er auch in den Philos. Transact. von 1724 eine Tafel gegeben hat. Nächstdem kam er auch darauf den Siedepunkt des Wassers zu verschiedenen Zeiten zu untersuchen, und dabei machte er die Beobachtung, dafs derselbe veränderlich sei, und von dem jedesmaligen Barometerstand abhange, eine Beobachtung, die in dieser Weise noch nicht gemacht war. Dies brachte ihn auf die Idee, ein Thermometer zu konstruiren, das auch als Barometer dienen könne. Dasselbe war ein Thermometer, dessen Röhre unten die gewöhnliche Skale 0 bis 96 hatte, oben aber nicht die Siedetemperatur, sondern die jedem Siedepunkt entsprechende Barometerhöhe angab, also auch aufwärts die Zahlen 27", 28", 29" mit den Unterabtheilungen trug. Damit die Röhre nicht zu lang werde, erhielt sie zwischen beiden Skalen in der Mitte eine Erweiterung. Die barometrische Skale war wohl empirisch gefunden und nur für meteorologische Zwecke, nicht für Höhenmessungen berechnet. **Fahrenheit** ist also Erfinder des Thermobarometers, welches später von **Cavallo** (Phil. Transact.

[1]) Hist. of the royal Society IV, 299.

1781) und noch später von **Wollaston** (Phil. Tr. 1817) verbessert und vervollkommnet wurde.

Eine andere interessante Entdeckung, die **Fahrenheit** im Lauf seiner Arbeiten mit dem Barometer machte, ist die, dafs das Wasser unterhalb des Gefrierpunktes flüssig bleiben kann, sobald man es in völliger Ruhe läfst. Er machte diese Beobachtung am 21. März 1721, als er eine halb mit Regenwasser gefüllte Glaskugel, die in einer kurzen Röhre mit feiner Spitze endigte, mehrmals ausgekocht und darauf die Spitze zugeschmolzen hatte. Er setzte sie so über Nacht einer Kälte von 15° F., d. h. etwa — 8° R. aus, und da er dennoch am andern Morgen das Wasser flüssig fand, brach er die Spitze der Röhre ab, worauf das Wasser sogleich gefror. Er glaubte anfangs, der Mangel an Luft habe dies Gefrieren bewirkt, allein bei wiederholten Versuchen überzeugte er sich, dafs das Phänomen auch ohne Ausschlufs der Luft zu Stande komme, und nur durch die Erschütterung bewirkt werde [1]).

227. Endlich ist noch von **Fahrenheit** zu erwähnen, dafs wir ihm das erste recht zweckmäfsige Gewichtsaräometer verdanken. Man hat bekanntlich zur Ermittlung des specifischen Gewichts von Flüssigkeiten zwei Arten von Aräometern, Volumen- und Gewichts-Aräometer. Die ersteren sind mit einer Skale versehen, und der Punkt derselben, bis zu welchem sie in die Flüssigkeit einsinken, giebt das spec. Gewicht derselben an. Bei diesen Aräometern ist das Gewicht des Instruments konstant, und das von ihnen in die Flüssigkeit eingetauchte Volumen veränderlich nach deren Dichte. Die Gewichts-Aräometer dagegen haben statt der Skale nur eine einzige feste Marke, und das spec. Gewicht wird angezeigt durch die Gewichte, mit denen man das Instrument belasten mufs, damit es bis zu dieser Marke eintauche. Hier ist also das eingetauchte Volumen konstant, aber das Gewicht desselben veränderlich.

---

[1]) Fischer, ibid. III, 310; Philos. Transact. 1724.

Die Volumen-Aräometer sind eine Erfindung von **Archimedes** und nach ihm mannichfach modificirt, die Gewichts-Aräometer dagegen wurden allem Anschein nach zuerst von den Mitgliedern der Accademia del Cimento konstruirt. Sie finden sich, wie wir aus der neuen Auflage der Saggi erfahren haben, noch zu Florenz aufbewahrt in dem Kabinet der von jenen Physikern herstammenden Instrumente (§ 170). Aller Wahrscheinlichkeit nach ist dasjenige Aräometer, welches der mehrmals genannte lyoneser Arzt **Monconys** (gest. 1665) in seinem Reisewerke beschrieben hat, nichts anderes als das der Florentiner, wiewohl er es im J. 1663 der londoner Gesellschaft als seine Erfindung vorgezeigt hat [1]).

Dies Aräometer war indeſs doch einigermaſsen verschieden von unserm heutigen Gewichts-Aräometer. Es bestand aus einer Glaskugel mit kurzem Halse, beschwert mit Eisenfeilicht, so eingeschmolzen mit Wachs, daſs das Instrument aufrecht in Wasser schwamm, und dann oben zugeschmolzen wurde. Beim Gebrauch wurden kleine aufgeschnittene Silberringe entweder auf den Hals gesteckt, oder in einen unter der Kugel befindlichen Glasring eingehängt, so daſs das ganze Instrument bis zur Spitze einsank, und in der Flüssigkeit schwimmen blieb. Das Princip dieses Aräometers kam also mit dem der florentiner Instrumente überein, und war in so fern nicht ganz richtig, als durch die hinzugefügten oder abgenommenen Silberringe, welche mit in die Flüssigkeit tauchten, das Volumen des Instruments verändert wurde.

Näher kam schon unsern heutigen Aräometern das Instrument, welches **Robert Hooke** im J. 1677 der londoner Gesellschaft vorzeigte und in den Philosoph. Transact. 1693 beschrieb. Es war ein aus einer hohlen Kugel mit langem Stiel bestehendes Aräometer, welches an dem einen Arm einer gewöhnlichen Wage hing, während die an dem andern Arme hängende Wageschale so beschwert wurde, daſs

---

[1]) Birch, History I, 257.

das Aräometer grade bis zu der festen Marke einsank. Die Kugel des Instruments war sehr grofs und fafste 3 Pfund Wasser; es sollte hauptsächlich dazu dienen die Reinheit des Flufswassers u. dgl. zu prüfen, und wurde daher water-poise genannt [1]).

Das erste Gewichts-Aräometer einigermafsen von der Form der heutigen stammt her von dem Pater **Louis Feuillée** (gest. 1732 zu Marseille), einem Manne, der sich namentlich durch meteorologische und magnetische Beobachtungen, die er auf einer Reise nach Amerika und Indien im J. 1708 anstellte, verdient gemacht hat. Er beschrieb es 1714; auch bei diesem wurden ringförmige Gewichte auf den Hals oberhalb der Kugel des Instruments gesteckt, welchem noch der Teller fehlte. Ein anderes, welches **Joh. Georg Leutmann** (geb. 1667 zu Wittenberg, gest. 1736 zu Petersburg) beschrieb, hatte eine offene Röhre, in welche die nöthigen Gewichte geschüttet wurden [2]).

Alle diese Instrumente waren theils unzweckmäfsig, theils unbequem im Gebrauch; **Fahrenheit** war der erste, welcher dem Gewichts-Aräometer die heutige zweckmäfsige Gestalt (Fig. 22) verlieh, indem er oben den Teller *a* zum Auflegen der Gewichte hinzufügte, und mit diesen Gewichten das Instrument nicht bis zum völligen Untertauchen, sondern bis zum Eintauchen einer festen Marke *b* auf dem dünnen Hals des Instruments beschwerte. Die untere Kugel *c* war mit Quecksilber belastet, damit das Instrument senkrecht schwimme. **Fahrenheit** beschrieb dasselbe in den Philosoph. Transact. von 1724. Es ist das Muster aller späteren Aräometer der Art geworden, auch des jetzt sehr gebräuchlichen von **William Nicholson**, welches derselbe 1787 in den Mem. of the Manchest. Soc. Vol. II beschrieb. Letzteres weicht

Fig. 22.

[1]) Birch, Hist. III, 344.
[2]) Comment. Acad. Petropol. V, 273.

nur in der äufseren Gestalt von seinem Vorbild ab und besonders dadurch, dafs es auch zur Bestimmung der specifischen Gewichte fester Körper eingerichtet ist.

Erfindung der Dampfmaschine.

228. Aus dem Bisherigen ging hervor, dafs der Druck der Atmosphäre, die Elasticität der Luft und deren Ausdehnbarkeit durch die Wärme, sowie das Gefrieren und Sieden der Flüssigkeiten eine Hauptrolle unter den Gegenständen spielten, mit welchen die Physiker des XVII. Jahrhunderts beschäftigt waren. Im Lauf dieser Beschäftigungen konnte es nicht ausbleiben, dafs man auch dem Wasserdampf eine gröfsere Aufmerksamkeit zuwandte, da dessen Haupteigenschaft, die Expansiv- oder Spannkraft, längst bekannt, und auch als eine bewegende Kraft anerkannt war. Die fortgesetzten Bemühungen diese Kraft nutzbar zu machen, führten nun gegen Ende des XVII. Jahrhunderts allmählich auf die Konstruktion der Dampfmaschine, jenes mächtigen Hebels der neueren Industrie, dessen Erfindung man wegen seines tief greifenden Einflusses auf die gewerblichen, kommerciellen und politischen Verhältnisse der Völker einen ebenso hohen Rang in der Reihe der menschlichen Erfindungen anweisen mufs, als der Erfindung des Kompasses, des Schiefspulvers und der Buchdruckerkunst.

Die Erfindung der Dampfmaschine ist, wie so manche andere, nicht mit einem Schlage gemacht, sondern nach und nach aus sehr unbedeutenden Anfängen hervorgegangen. Die Uebergänge von einer Stufe der Vervollkommnung zu der nächst folgenden verlaufen so sehr ineinander, dafs die Beantwortung der Frage, wann die erste Dampfmaschine zu Stande gebracht sei, kaum von individuellen Ansichten zu befreien ist. Die Beantwortung der Frage hängt wesentlich davon ab, was man eine Dampfmaschine nennen will, und eine Definition darüber läfst der Willkür immer manchen Spielraum.

Dieser Umstand, verbunden mit der grofsen Wichtigkeit der Dampfmaschine, hat schon zu Anfang des vorigen Jahrhunderts die Streitfrage erregt, welcher Nation und welchem Individuum die Ehre gebühre, das Menschengeschlecht mit einem so nützlichen Werkzeug beschenkt zu haben, und diese Frage ist neuerdings wieder auf das lebhafteste diskutirt worden, seitdem Herr **Arago** in Paris sie gegen die allgemein angenommene Ansicht zu Gunsten seiner Landsleute, der Franzosen, entschieden hat. Man hat bei dieser Gelegenheit alles hervorgesucht, was geeignet sein könnte, dieser oder jener Nation irgend einen Antheil an der Erfindung der Dampfmaschine zu sichern. Dadurch ist eine Reihe von historischen Momenten ans Licht gezogen, die, wenn sie auch keinen erheblichen Werth für den beabsichtigten Zweck haben, doch dadurch interessant sind, dafs sie erkennen und klarer hervortreten lassen, wie viele Versuche vorangingen, ehe man den rechten Weg auffand, die Dampfkraft wahrhaft nutzbar zu machen.

Wenn man die Geschichte der Dampfmaschine mit der frühesten Spur von Kenntnifs der Spannkraft des Dampfes beginnen wollte, so müfste man bis **Aristoteles** zurückgehen, denn dieser hatte offenbar schon eine Vorstellung von der Gewalt eingeschlossener Dämpfe, da er die Erdbeben durch die plötzliche Verwandlung des Wassers in Dampf oder eigentlich Luft zu erklären sucht. Doch ist diese Ansicht, die später **Seneca** bestimmter aussprach, noch sehr unklar bei **Aristoteles**, und von irgend einer künstlichen Anwendung des Wasserdampfs nicht die Rede [1]).

Eine künstliche Anwendung des Dampfes findet sich zuerst bei **Hero von Alexandrien** (120 v. Chr.). Wenn er auch nicht Erfinder der Aeolipile sein sollte, so hat er sie doch zuerst beschrieben und nicht blofs die einfache, sondern auch die rotirende, mit Dampf und mit erhitzter Luft, wie ich dies schon früher angegeben habe (§ 3). Sein späterhin so vielfach studirtes Werk: *Spiritualia seu pneu-*

---

[1]) Ukert, Geogr. der Griechen u. Römer II, 185.

matica enthält überdies noch andere Vorrichtungen, worin die Ausdehnbarkeit der Luft und des Dampfes als bewegende Kraft benutzt wird, freilich nicht zu eigentlichen Maschinen, sondern zu Demonstrationen oder, wenn man will, zu Spielereien, wie u. A. die auf einem aufrechten Dampfstrahl tanzende Kugel.

Von den Griechen ging die Kenntniſs der Aeolipile zu den Römern über. **Vitruvius**, zu Kaiser Augustus Zeiten, spricht ausführlich von ihr in seiner Architectura lib. I cap. 6, und will durch sie, eben nicht glücklich, die Winde erklären. Auch in späteren Zeiten der römischen Civilisation erhielt sich die Kenntniſs von der Spannkraft des Wasserdampfs, wovon die etwas fabelhafte Erzählung einen Beweis giebt, welche man von **Anthemius**, dem berühmten Erbauer der Sophienkirche in Konstantinopel unter Kaiser Justinian I., aufbewahrt.

Dieser lebte, so sagt man, mit seinem Nachbar dem Redner **Zeno**, wegen der Fenster oder Mauern seines Hauses in Streit, und als es darüber zur gerichtlichen Klage kam, behielt sein Gegner durch seine gewandte Zunge den Sieg in der Sache. Um sich an diesem zu rächen, soll **Anthemius** in dem Keller seines Hauses mehrere Dampfkessel errichtet, und von diesen aus Röhren versteckter Weise zwischen die Balken und Sparren des Nachbarhauses geleitet haben. Er soll dann diese Röhren, die verschlossen waren, durch starkes Feuer zum Platzen gebracht und dies in dem Hause des **Zeno** eine solche Erschütterung bewirkt haben, daſs der arme Mann glaubte, es wäre ein Erdbeben, und vor Gericht erklärte, er wolle lieber sein Haus verlassen, als neben einem Nachbar wohnen, der den Dreizack des Neptun in seiner Gewalt habe [1]).

229. Im Mittelalter finden wir die erste Nachricht von der Anwendung des Wasserdampfs gegen Ende des X. Jahrhunderts. **William von Malmesbury** [2]) berichtet im J. 1125,

---

[1]) Rob. Stuart, Historical and descriptive anecdotes of Steam engines and of their inventors, Lond. 1829, Vol. I, p. 14.

[2]) Ibid. p. 15.

dafs sich (damals) in einer Kirche von Rheims eine hydraulische Orgel befinde, in welcher die Luft auf wunderbare Weise durch die Kraft des heifsen Wassers entweichend metallene Pfeifen zum Ertönen bringe. Diese Orgel hatte Bischof **Gerbert** konstruirt, der später von 999 bis 1003 als Sylvester II. die päpstliche Tiara trug (§ 40).

Ein Seitenstück ist der Püstrich, Peustrich, Bustard, ein sorbisch-wendisches Götzenbild in Gestalt eines mit dem rechten Fufs knieenden dicken bausbäckigen Jungen, der 14 Zoll hoch und hohl war, und in seinem Bauche 9 Quart Wasser fafste. Auf Feuer gestellt pustete er denn den Wasserdampf zum Munde heraus. Er wurde in einem vermauerten Winkel zu Rothenburg aufgefunden und 1552 nach Sondershausen gebracht. Einige halten die Figur für ein sehr altes physikalisches Kunstwerk, welches **Klaproth** aus 916 Th. Kupfer, 75 Th. Zinn und 9 Th. Blei zusammengesetzt fand.

Vom XVI. Jahrhundert an werden solche Nachrichten häufiger. Ein gewisser **Alberti**, der 1398, nach Andern 1400 geboren sein soll, erwähnt in seiner *De Architectura seu de re aedificatoria, Flor. 1485*, dafs die Kalkbrenner jener Zeit grofse Furcht hätten vor den Kalksteinen, welche mit Luft gefüllte Höhlungen enthielten; denn wenn sie erhitzt würden, so bildete sich in diesen Dampf, und das gäbe Anlafs zu sehr gefährlichen Explosionen [1]). Dafs man die Gewalt des eingeschlossenen Wasserdampfs zu Anfang des XVI. Jahrhunderts lange in Italien kannte, geht ferner aus dem Kommentar zum **Vitruv** hervor, den **Cesare Cesariano** 1521 zu Como herausgab unter dem Titel: *Vitruvio tradotto da C. C.* Darin spricht der Verfasser ausführlich von der fürchterlichen Gewalt, mit welcher der Dampf aus der Aeolipile hervorströmt, und scheint aus dem, was er weiter anführt, hervorzugehen, dafs man sich damals oder schon früher der Aeolipile im Kriege bedient habe [2]).

---

[1]) Libri, Hist. des sc. math. IV, 345.
[2]) Libri, ibid. IV, 330.

In demselben Jahrhundert finden wir auch die Nachricht, daſs der spanische Schiffskapitän **Blasco de Garay** im J. 1543 im Hafen zu Barcelona ein Schiff durch Räder und Dampfkraft bewegt haben will. Muthmaſslich war es eine Reaktionsmaschine nach **Hero**; ich sage muthmaſslich, denn die Einrichtung ist nicht bekannt geworden, da **Garay** aus der Konstruktion seiner Maschine ein Geheimniſs machte; man weiſs nur, daſs das Schiff einen Kessel mit heiſsem Wasser enthielt, und daſs es mit Schaufelrädern versehen war. Vierzehn Jahre darauf erschien das Werk: *De varietate rerum, Basil. 1557* von dem berühmten **Cardano**, worin dieser weitläuftig von der Aeolipile redet, eine durch erhitzte Luft bewegte Maschine beschreibt, und den Vorschlag macht oder vielmehr den Rath giebt, den aus den Schornsteinen aufsteigenden Rauch als bewegende Kraft zu benutzen [1]).

Im J. 1562 schrieb **Joh. Matthesius**, Pastor zu Joachimsthal in Böhmen, ein Buch betitelt: *Sarepta oder Bergpostille, Nürnberg.* Darin findet sich folgende merkwürdige Stelle: *Ihr Bergleute sollet auch in euren Bergreyen rühmen den guten Mann, der Berg (Gestein) und Wasser mit dem Wind auf den Platten anrichtet zu heben, wie man jetzt auch, doch am Tage, Wasser mit Feuer heben soll!* Auf welche Weise dies aber geschehen sein soll, erfahren wir leider durch **Matthesius** nicht.

1569 erschien zu Orleans ein anonymes Werk mit dem Titel: *L'art et science de trouver les eaux.* Darin heiſst es: *D'une mesure d'eau par chaleur et atténuation ils s'en font dix d'air, qui tient une grande espace par dessus nous, au contraire par froideur ils s'en font de dix d'air une d'eau* [2]).

Auf der Bibliothek zu Göttingen befindet sich ein Buch betitelt: *Opera di M. Bartholomeo Scappi, cuoco secreto di Papa Pio V, Venetia 1570.* Dies enthält 18 Kupfertafeln, auf denen unter anderen Küchengeräthen auch ein

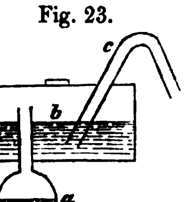
[1]) R. Stuart, Hist. etc. p. 19.
[2]) R. Stuart, ibid. p. 21.

Bratenwender abgebildet ist, welcher vom Rauche getrieben wird. Er wird Molinello a fumo genannt.[1])

Besonders haben die Werke des **Hero** dazu beigetragen die Kenntnifs von der Spannkraft des Wasserdampfes zu erhalten und zu verbreiten. Von der Mitte des XVI. Jahrhunderts an hat **Hero** zahlreiche Uebersetzer und Kommentatoren gefunden, eine italienische Uebersetzung: *Gli artificiosi e curiosi moti spirituali di Erone Alessandrino tradotti di Giambattista Aleotti, Ferrara 1589, Bologna 1647;* eine lateinische von Commandino 1575 und neu edirt Amsterdam 1580; dann wieder eine italienische zu Urbino 1592 von Giorgi, und eine von Baldi, Venedig 1601. Endlich gaben die Veteres mathematici zu Paris 1693 eine lateinische Uebersetzung neben dem griechischen Original. — Alles hinreichende Beweise, wie fleifsig **Hero** studirt wurde.

Im J. 1601 erschien von **Porta**: *Pneumaticorum libri III.* Dies ist keine Uebersetzung von **Hero**, sondern eine weitere Ausführung eines der Kapitel der Magia naturalis. Ein gewisser Escrivano besorgte davon im J. 1606 eine italienische Uebersetzung, die mehrere Zusätze von **Porta** enthält; u. A. findet sich in dieser Ausgabe von 1606 ein Kapitel überschrieben: Zu erfahren in wie viel Theile Luft ein Theil Wasser übergehen (sich verwandeln) könne. Dabei wird dann beistehende Vorrichtung Fig. 23 abgebildet und beschrieben, die sich wesentlich von der Aeolipile unterscheidet. In einem Kolben *a* werden durch Erhitzung von aufsen Dämpfe entwickelt, welche in den überall verschlossenen Behälter *b* steigen und das darin befindliche Wasser in das Rohr *c* hinaufdrücken bis zum Ausflufs. Es wird also hier nicht das unmittelbar erhitzte Wasser, sondern anderes kaltes oder lauwarmes mittelbar durch Dampf gehoben.[2])

Fig. 23.



[1]) Busch, Handb. der Erfindungen III, 22.

[2]) Libri, Hist. etc. IV, 332.

Dies wäre, wenn man will, die erste Dampfmaschine, und ist weit eher so zu nennen, als die Vorrichtung, welche **Salomon de Caus** 1615, also 9 Jahre später, in seinen *Raisons des forces mouvantes* beschrieb (§ 195), wo er sie unter der Ueberschrift einführte: Mittel zum Heben von Wasser. Dieser Umstand verleiht ihm jedoch keine Vorrechte vor **Porta**, der übrigens durch seine Maschine nur ermitteln wollte, in wie viel Dampf sich ein Theil Wasser verwandelt.

Mehrere Jahre nach **Salomon de Caus** gab der Italiener **Giovanni Branca**, der Erbauer der Kirche zu St. Loretto im Kirchenstaat, das Buch heraus: *Le machine artificiose tanto spirituali quanto animali di molto artificio per produrre effetti maravigliosi, Roma 1629*, worin er vorschlug die aus einer erhitzten Aeolipile hervorströmenden Wasserdämpfe gegen die Schaufeln eines Rades wirken zu lassen, durch welches er mittelst eines Räderwerkes Stampfen bewegen wollte. Wenngleich nun auch diese Maschine sich gleichfalls mehr als die von **de Caus** der Dampfmaschine nähert, so würde es dennoch ein Unrecht sein, wenn man auf **Branca** einen Theil der Ehre der Erfindung dieses wichtigen Hebels der neueren Industrie wollte fallen lassen.

230. Mit **Branca** läuft gewissermaſsen die erste Periode der Geschichte der Dampfmaschinen ab, und wie man sieht haben in dieser Periode nächst **Hero** die Italiener die meisten Ansprüche auf den Ruhm, die Dampfkraft als bewegende Kraft erkannt zu haben, wenngleich die Nutzanwendungen sehr unbedeutend sind. Mit dem J. 1663 beginnt aber eine neue Epoche in der Geschichte der Dampfmaschinen, indem nämlich in diesem Jahr der Marquis von Worcester mit einer kleinen Schrift hervortrat, welche, was auch in neuerer Zeit von **Arago** dagegen eingewandt worden ist, doch zuerst die Beschreibung einer Maschine enthält, die man nicht anstehen kann eine Dampfmaschine zu nennen. Zunächst die Person:

Edward Somerset Marquis of Worcester, später Graf von Glamorgan, stammte aus einer altadligen Familie, die

34*

selbst in dem reichen England für eine der reichsten galt. Aber dieser Reichthum sollte unter den politischen Stürmen, die sich unter Karl's I. unweiser Regierung erhoben, schnell seinen Untergang finden. Der Marquis sowohl wie sein Vater, der Graf von Worcester, waren eifrige Royalisten und Katholiken, und als Karl I. seine Getreuen gegen die Independenten zu Felde rief, rüsteten sie auf ihre Kosten ein Korps von 1500 Mann Fufsvolk und 500 Reitern aus, und verwandten darauf eine Summe von nicht weniger als 60000 Lstrl. Aber das Glück war den Königlichen nicht hold; trotz grofser Beweise von Tapferkeit seitens des Marquis wurde das Korps bald aufgerieben, sein Stammschlofs Ragland Castle, obwohl er dasselbe mit dem Muth eines Römers vertheidigte, fiel in die Gewalt der Parlamentsarmee, seine sämmtlichen Güter wurden eingezogen, und er selbst geächtet konnte nur in der Flucht nach Frankreich sein Heil finden.

Hier lebte er einige Zeit ruhig und ganz im Stillen, bis er sich im J. 1656 zu seinem Unglück überreden liefs in einem geheimen Auftrag der Royalisten nach London zu gehen. Dort wurde er erkannt und sogleich in den Tower geworfen. Aus dieser Gefangenschaft sah er sich freilich durch die Rückkehr Karl's II. 1661 befreit, aber seine Aufopferung für die nunmehr wieder eingesetzte alte Dynastie fand keine Anerkennung, Intriguen verschlossen das Ohr des Königs. Der Mann, der ein fürstliches Vermögen für die Sache des Königs geopfert hatte, mufste in seinen alten Tagen mit Schulden belastet in grofser Dürftigkeit leben, in welcher er denn auch am 3. August 1667 zu London verschied. Sein Leichnam wurde später in der Familiengruft zu Ragland beigesetzt, wo noch 1795 sein Grab mit einer lateinischen Inschrift gesehen wurde, die indefs nichts von seiner Erfindung der Dampfmaschine besagt.

Es wird häufig angegeben, Worcester sei durch die Einsamkeit seiner vierjährigen Gefangenschaft auf die Erfindung der Dampfmaschine gekommen, und der erste An-

stofs sei dadurch gegeben, dafs von dem Topf, in welchem man ihm eine heifse Speise brachte, der Deckel durch die Dämpfe abgehoben sei. Dies klingt nun ganz hübsch, auch gerade nicht unglaublich, entbehrt aber doch allen historischen Grundes, denn man weifs, dafs der Marquis schon vor Ausbruch des bürgerlichen Krieges allerlei Maschinen und Kunststücke auf seinem Stammschlofs Ragland Castle hatte ausführen lassen; dann spricht aber auch dagegen die Schrift, welche seinen Namen in der Geschichte der Wissenschaft aufbewahrt hat.

Diese Schrift, die vom J. 1663 datirt und gewöhnlich als *Century of inventions* citirt wird, führt folgenden etwas langen und schleppenden Titel: *A century of the names and scantlings of such inventions, as at present I can call to mind to have tried and perfected, which, my former notes being lost, I have at the instance of a powerful friend endeavoured now in the year 1655 to set down in such a way, as may sufficently instruct me to put any of them in practice.* Die kleine Schrift hat nicht weniger als sieben Auflagen in England erlebt, und sonderbar genug die meisten in späteren Zeiten, wo sie kein anderes als historisches Interesse haben konnte. So London 1663, 1746; Glasgow 1767; Kyo Lancashire 1778; London 1786, 1813, 1825; aufserdem ist sie in mehreren neueren Werken über Mechanik abgedruckt, so in *A treatise of mechanics 3 Vol. 1806* von O. G. Gregory.

Worcester's Schrift enthält, wie es der Titel sagt, hundert Erfindungen, nicht eigentlich beschrieben, sondern mehr angedeutet und das noch dazu in einer zum Theil dunkeln und verworrenen Sprache, so dass der Auslegung seiner Angaben ein breiter Spielraum übrig bleibt. Ueber den Werth derselben haben sich daher von Anfang an sehr widersprechende Stimmen vernehmen lassen, lobende und tadelnde. Der verstorbene Professor **Robison** zu Edinburgh nennt den edlen Marquis geradezu einen Projektenmacher, dem es gar nicht an Kenntnissen und Erfindungsgabe gefehlt habe, der aber mit seiner Schrift weniger beabsichtigt

habe das Publikum zu belehren als dasselbe in Verwunderung zu setzen. In der That sind auch die meisten der hundert Erfindungen von keinem sonderlichen Belang, zum Theil sogar lächerlich, ganz nutzlos und unausführbar. Aber dennoch kann gar nicht geläugnet werden, dafs er die eine, die man ihm hat streitig machen wollen, die Erfindung der Dampfmaschine erkennbar beschrieben hat, und diese eine wiegt denn allerdings die übrigen 99 mehr als vollkommen auf.

Das Aktenstück, das hier zunächst für **Worcester** spricht, und daher gewöhnlich angeführt wird, ist die Erfindung No. 68. Da es nicht lang ist, so will ich es hier mittheilen, zumal es eine gute Probe von der Abfassung der Schrift giebt.

Worcester's Century of Inventions.[1])

§ 68. Eine bewundernswürdige und sehr kräftige Art Wasser durch Feuer zu heben, nicht dadurch, dafs jenes durch dieses aufwärts gezogen oder gesogen würde, denn dieses mufs wie die Naturforscher sagen intra sphaeram activitatis geschehen, wäre also nur für einen gewissen Abstand möglich. Aber bei dem Mittel, von welchem hier die Rede ist, finden keine Gränzen statt, sobald die Gefäfse stark genug sind. Denn ich nahm eine Kanone, von welcher das Ende abgesprungen war, füllte sie auf $\frac{3}{4}$ ihrer Länge mit Wasser, verstopfte darauf das Ende und das Zündloch, und befestigte alles wohl mit Schrauben. Nachdem ich dann 24 Stunden lang unter dem so hergerichteten Gefäfs fortwährend Feuer unterhalten hatte, zersprang jenes mit einem heftigen Knall, — so dafs ich ein Mittel habe meine Gefäfse so einzurichten, dafs sie durch die darin befindliche Kraft ausgeleert und nacheinander gefüllt werden können.

Ich habe das Wasser in einem zusammenhängenden Strahl, wie bei einem Springbrunnen, 40 Fufs hoch ausströmen sehen. Ein Gefäfs gefüllt mit dem durch Feuer

[1]) Olinth. Gilbert Gregory, A treatise of mechanics, Vol. II. p. 620.

verdünnten Wasser hob kaltes Wasser auf 40 Fuſs Höhe, und ein Arbeiter, der die Maschine beaufsichtigt, braucht nur zwei Hähne so umzudrehen, daſs wenn ein Wasserbehälter geleert ist, ein anderer zu wirken anfängt, und jener wieder mit kaltem Wasser gefüllt wird, und so fort; während das Feuer gleichmäſsig unterhalten wird, was von dem Arbeiter leicht in der Zeit geschehen kann, welche zwischen den Momenten liegt, in welchen die Hähne umgedreht werden müssen.

Diese Beschreibung ist allerdings dunkel und läſst Zweifel darüber, ob die angedeutete Maschine mehr als ein bloſses Projekt war. Aber dieser Paragraph ist keineswegs das einzige Dokument zu Gunsten **Worcester's**, wie das u. A. von **Arago** behauptet worden ist. Offenbar hat **Arago** die Century gar nicht angesehen oder sie nur sehr oberflächlich durchblättert, denn schon in dieser findet sich ein deutlicheres Beweisstück, was augenfällig zeigt, daſs **Worcester** seine Maschine nicht bloſs auf dem Papier entwarf. Sonderbar genug beschreibt nämlich **Worcester**, was von vielen übersehen ist, in den §§ 98 und 100 nochmals dieselbe Maschine. Ich will auch diese hier wörtlich mittheilen:

§ 100. Bei einem so mächtigen Hülfsmittel, wie die zwei zuletzt erwähnten Erfindungen gewähren, habe ich durch vieljährige Versuche und Arbeiten eine Wasserhebemaschine zu Stande gebracht, mittelst deren durch die Kraft eines Kindes auf 100 Fuſs Höhe eine unglaubliche Menge Wasser selbst durch 2 Fuſs weite Röhren gehoben werden kann, und zwar auf eine so natürliche Weise, daſs man die Maschine nicht einmal im nächst anliegenden Zimmer hört, und mit so groſser Leichtigkeit und Gleichförmigkeit, daſs wenn auch die Maschine von einem Ende des Jahres bis zum andern Tag und Nacht im Gange ist, dennoch die Kosten sich nicht auf 40 Schillinge belaufen, und die Maschine nicht einen ganzen Tag still zu stehen braucht, und ich kann sie kühn das e r s t a u n e n s w ü r d i g s t e W e r k in der ganzen Welt nennen. — — —

Deshalb halte ich mit Recht dafür, dafs diese Erfindung meine Arbeiten krönen und mich für meine Ausgaben entschädigen werde, und dafs ich nun nicht nöthig habe, meine Denkkraft noch auf weitere Erfindungen zu richten.

Hiermit ist das Hundert voll und ich will daher den Leser jetzt nicht weiter beschweren, indem ich die Absicht habe, der Nachwelt ein Buch zu hinterlassen, in welchem unter jeder der oben angegebenen Ueberschriften die zur Ausführung aller gedachten Erfindungen nöthigen Mittel und Versuche angegeben, und welchen in Kupfer gestochene Zeichnungen von allen dazu gehörigen Stücken beigefügt werden sollen;

In bonum publicum et ad majorem dei gloriam.

Der Schlufs der ganzen Schrift giebt auch Auskunft, warum er die Maschine so kurz beschreibt; er that es absichtlich, weil er sie später ausführlich beschreiben wollte, weil er, wie wir aus andern Quellen wissen, sie für sich nutzbar machen wollte, um seinen zerrütteten Vermögensumständen dadurch wieder aufzuhelfen. In der That weifs man, dafs er sich im J. 1663 um ein Patent für seine Erfindung bewarb, und dafs er auch in demselben Jahr ein solches vom Parlament erhielt, und zwar ein ungemein exklusives. Es wurde ihm und seinen Erben auf 90 Jahre garantirt und enthielt u. A. die Bestimmung, dafs der, welcher **Worcester**'s Maschine ohne dessen Erlaubnifs nachmache und gebrauche, eine Strafe von 5 Lstrl. für jede Stunde verwirkt habe!

Die Eingabe, die er dieses Patents wegen beim Parlament machte, ist ein zweiter Beweis, dafs er seine Maschine wirklich ausgeführt hat. In dieser Eingabe sagt er u. A., dafs er über 10 000 Lstrl. geopfert habe, um die Maschine bis zum praktischen Gebrauch zu vervollkommnen. Für uns hat es noch besonderes Interesse daraus zu erfahren, dafs er in seinen Bemühungen unterstützt ward durch einen Mann, der nach seinem Namen zu urtheilen und nach der Aeufserung, dafs er, wenn er keine Hülfe bekäme, für das Königreich verloren ginge, offenbar ein

Deutscher war. Er hiefs **Kaspar Kalthoff** (Kaltoff), war 35 Jahr in **Worcester's** Diensten, und wie dieser sagt, ein unvergleichlicher Arbeiter (Workman).

Einen ferneren Beweis, dafs **Worcester** seine Ideen nicht im Pulte liegen liefs, liefert ein Aktenstück, das uns einen Begriff giebt, wie sehr die Phantasie dieses Mannes von der Wichtigkeit seiner Erfindung erfüllt war, obwohl er sicher keine Ahnung davon hatte, wohin dieselbe dereinst noch führen würde. Dies Aktenstück ist ein Gebet, welches man nach seinem Tode unter seinen Papieren gefunden hat. Es ist überschrieben:

Des Lord Marquis von Worcester Dankgebet, als er zuerst mit seinen leiblichen Augen einen gelungenen Versuch mit seiner Wasserhebemaschine ausführen sah.

Der Anfang dieses Gebetes lautet so:

O unendlicher, allmächtiger Gott, dessen Barmherzigkeit bodenlos und dessen Wissen unermefslich und unerschöpflich ist, nächst meiner Erschaffung und Erlösung sage ich Dir aus dem tiefsten Grunde meines Herzens den demüthigsten Dank dafür, dafs Du mir verstattet hast eine Einsicht in ein so grofses und allen Menschen so wohlthätiges Geheimnifs der Natur wie meine Wasserhebemaschine.

Lafs nicht zu, o Herr, dafs ich aufgeblasen werde durch die Kenntnifs von ihr und vielen seltneren und unerhörten, ja unvergleichlichen Erfindungen, Vorrichtungen und Versuchen, sondern dämpfe mein eitles Herz durch die wahre Erkenntnifs meiner eigenen unwissenden, schwachen und unwürdigen Natur, die zu allem Bösen geneigt ist, u. s. w.

Diese Begeisterung für die Wichtigkeit der Maschine theilte auch des Marquis Gemahlin (gest. 1681) und war in ihr so grofs, dafs ein römischer Priester, der vermuthlich Beichtvaterstelle bei ihr vertrat, ihr vorzustellen für nöthig fand, dafs sich das für eine Frau nicht schicke. In der auf uns gekommenen Strafpredigt, die er ihr deswegen gehalten, findet sich auch eine Stelle, woraus erhellt, dafs damals eine von **Worcester** konstruirte Dampfmaschine in Thätigkeit war.

Das letzte und direkteste Dokument dafür, dafs Worcester's Maschine wirklich ausgeführt war, haben wir erst neuerdings und aus einer ganz anderen Quelle erhalten. Wie ich früher erwähnte hat Cosimo, der Sohn des Grofsherzogs Ferdinand II. von Toskana, noch als Kronprinz in Begleitung von Magalotti eine Reise in die nördlichen Länder, namentlich nach England, gemacht. Ueber diese Reise, die den Saggi (neue Aufl. p. 121) zufolge nach dem J. 1667 unternommen ward, ist ein ausführliches Tagebuch geführt, welches bisher den Ausländern unbekannt in der grofsherzoglichen Bibliothek zu Florenz aufbewahrt worden ist. Glücklicherweise hat ein Engländer Kunde von diesem Tagebuch erhalten, und daraus dasjenige, was sich auf England bezieht, im J. 1818 durch den Druck bekannt gemacht; es füllt einen Quartband.

In dieser Uebersetzung heifst es nun unter dem 28. Mai 1699 (ob 1669?): *Damit Seine Hoheit den Tag nicht nutzlos verbrächten, besuchten Sie nach Tische die andere Seite der Stadt (London), und dehnten Ihre Exkursion bis Vauxhall jenseits des Palastes des Erzbischofs von Canterbury aus, um eine von Lord Somerset Marquis von Worcester erfundene hydraulische Maschine zu besehen. Sie hebt Wasser 40 geometr. Fufs hoch durch die Kraft eines einzigen Mannes, und in einer sehr kurzen Zeit werden durch ein Rohr von nicht mehr als einer Spanne Weite vier Gefäfse mit Wasser gefüllt. Deshalb hält man dafür, sie sei für das Publikum nützlicher als eine andere Maschine bei Somersethouse* (von welcher später gesagt ist, sie werde durch zwei Pferde bewegt).

Hier haben wir also das Zeugnifs eines Augenzeugen, und damit ist denn wohl jeder Argwohn, dafs Worcester's Maschine nur Projekt geblieben ist, vollständig widerlegt.

Von der Einrichtung dieser Maschine wissen wir leider nichts gewisses, da sie nie beschrieben ist. Aus den Andeutungen, die Worcester giebt, leuchtet indefs hervor, dafs sie noch sehr unvollkommen war, dafs namentlich der Dampf darin noch nicht auf einen beweglichen Stem-

pel, sondern direkt auf das Wasser wirkte, und dafs die nothwendige Bewegung der Hähne durch die Hand eines Menschen vollzogen würde, der also beständig neben der Maschine vorhanden sein mufste.

Man glaubt, dafs die Maschine einen Dampfkessel hatte, aus welchem der Dampf durch zwei Röhren fortgeleitet wurde. Jede derselben mündete in den Deckel eines rings geschlossenen, mit Wasser angefüllten, cylindrischen Gefäfses, durch dessen Decke aufserdem noch eine Steigeröhre ging, deren unteres Ende bis nahe zum Boden des Gefäfses reichte. In den beiden Dampfröhren befanden sich Hähne, nach deren Oeffnung der Dampf in den Wasserbehälter drang und das Wasser in die Steigeröhren hinaufprefste. Es wurde immer nur ein Hahn geöffnet, so dafs der Dampf nur in dem einen Gefäfs das Wasser hob, während er durch den zweiten Hahn vom anderen Gefäfs abgesperrt blieb, das inzwischen wieder gefüllt ward. Hieraus ist ersichtlich, wie durch das abwechselnde Füllen und Entleeren der beiden Gefäfse ein ununterbrochenes Heben des Wassers beliebig lange fortgesetzt werden kann.

231. Die zweite Person, die für gewöhnlich in der früheren Geschichte der Dampfmaschine genannt wird, ist der Ritter Samuel Moreland, dessen ich schon bei Gelegenheit des Sprachrohrs und des schiefen Barometers erwähnt habe (§ 183).

Dieser Samuel Moreland, auch Morland, war der Sohn eines Geistlichen und 1625 zu Sulhamstead in Berkshire geboren. Er studirte Mathematik in Cambridge, nahm Theil an den bürgerlichen Unruhen, und stieg schnell in die Höhe. Er erfreute sich der Gunst von Cromwell, der ihn zu verschiedenen politischen Missionen gebrauchte, namentlich nach Vertreibung der Waldenser an den Herzog von Savoyen, bei welcher Gelegenheit er längere Zeit in Genua verweilte. Als er nach Rückkehr in England von einer Verschwörung gegen das Leben Karl's II. hörte, schlug ihm das Gewissen, er ging nach Breda und ver-

rieth dem König das Komplott. Dies war die Ursache, daſs er, nachdem Karl II. wieder auf den Thron gelangt war, eine groſse Rolle spielte, auch 1660 zum Baron erhoben ward.

Der König war nicht bloſs, wie er seines Temperaments wegen genannt ward, ein lustiger Monarch, sondern auch ein Liebhaber der Mathematik, Mechanik, Naturgeschichte und Chemie, und lieſs in St. James-Park ein Gebäude aufführen, um Experimente und Operationen anzustellen. **Robert Moray**, der schon bei den Glasthränen genannt ist (§ 182), und ein sehr thätiges Mitglied der Royal Society war, bekam die Aufsicht über das königl. Laboratorium, und **Sam. Moreland** ward als Master of mechanics dabei angestellt. 1675 errichtete er in Windsor eine Wasserhebemaschine, die das Wasser aus der Themse bis an die Spitze des königl. Schlosses und noch 60 Fuſs höher in einem zusammenhängenden Strahl hob, und 60 Barrels (1 Barrel = 36 Gallons = 36 × 254 preuſs. Kubikzoll) in der Stunde lieferte, doch war dies keine Dampfmaschine.

Im J. 1681 ging **Moreland** im Auftrage seines Monarchen nach Frankreich um die prächtigen von Rannequin erbauten Wasserkünste zu Marly zu besichtigen. Es wird gesagt, er soll bei dieser Gelegenheit dem König von Frankreich eine Methode vorgelegt haben, Wasser durch Feuer zu heben, doch weiſs man nichts Näheres darüber. Auch das Buch, welches **Moreland** im J. 1685 zu Paris herausgab: *Elévation des eaux par toute sorte de machines*, enthält nichts darüber, auſser daſs bei Aufzählung der bewegenden Kräfte auch das gewöhnliche Feuer und das Schieſspulver genannt werden.

Unter gleichem Titel befindet sich im britischen Museum ein Manuskript, von dem man glaubt, es sei dasjenige, welches **Moreland** dem König von Frankreich überreichte. Es besteht aus zwei sehr ungleichen Theilen. Der erste ist sehr prachtvoll mit goldenen oder buntfarbigen Lettern und goldenem Schnitt; er enthält aber nichts vom Dampf, und kommt im Wesentlichen mit der gedruck-

ten Schrift überein. Der zweite dagegen ist höchst nachlässig und ohne alle Verzierung geschrieben. In diesem wird nun allerdings vom Dampf gesprochen und unter Anderm merkwürdigerweise gesagt, daſs das Wasser bei seiner Verwandlung in Dampf einen etwa 2000mal gröſseren Raum einnehme. Aber was er nun weiter vom Dampf sagt, daſs er sich, wenn man es recht verstehe, so leicht wie ein Pferd regieren lasse, erinnert so sehr an ähnliche Ausdrücke des Marquis v. **Worcester** in seiner Century, daſs man nicht anstehen kann zu glauben, es sei aus dieser Schrift, die 22 Jahre früher erschien, genommen. Kurz, wenn man die Ansprüche **Moreland**'s auf die Erfindung der Dampfmaschine näher untersucht, so findet man, daſs sie alle in nichts zerrinnen.

Moreland starb 1695 zu Hammersmith bei London, nachdem er noch kurz zuvor auf seine Kosten einen öffentlichen Brunnen neben seinem Hause hatte errichten lassen mit der Inschrift: Keiner, der nach ihm komme, werde so gottlos sein einem Fremden, Nachbarn, Wanderer oder Bettler daraus einen Trunk kalten Wassers zu versagen. — Dennoch ist der Brunnen im Lauf der Zeit spurlos verschwunden!

232. Wenn man weiſs, daſs **Worcester** seine Erfindung in dem groſsen London zur Vollendung brachte, wenn man bedenkt, wie begeistert er von der Wichtigkeit derselben war, wie er demnach mannichfache Gelegenheit hatte und gewiſs keine versäumte, einsichtsvolle und vermögende Männer für seine Erfindung zu gewinnen, so muſs es sicher höchst auffallend erscheinen, daſs sie doch von den Zeitgenossen so kalt und gleichgültig aufgenommen wurde. Das ist nun freilich das Schicksal mancher neuen Erfindung gewesen, zumal, wenn sie nicht einigermaſsen im Groſsen ausgeführt ward. Aber mit **Worcester**'s Maschine war dies nicht der Fall; Jedermann konnte sie in London sehen, und deshalb muſs man sich mit Recht wundern, daſs damals auch nicht einer seiner Landsleute seine Stimme darüber vernehmen lieſs, und selbst in den

Verhandlungen der londoner Gesellschaft, die doch sonst von allen beachtenswerthen Erscheinungen Notiz nahm, auch nicht eine Sylbe darüber zu finden ist.

Was die Ursache hiervon war, ist jetzt schwer zu sagen. Vielleicht lag es in der Persönlichkeit des Marquis, die wenig Zutrauen einflöfsen mochte; vielleicht in der Ausschliefslichkeit seines Patents und in den hohen Preisen, die er forderte; vielleicht in der Unvollkommenheit der Maschine, die weit hinter den angepriesenen Leistungen zurückblieb; vielleicht auch, ja man kann wohl sagen ohne Zweifel, in dem Mangel von Arbeitern, die im Stande waren die Maschine leidlich auszuführen. Kurz das Faktum ist, dafs **Worcester's** Erfindung mit seinem Tode so gut wie in Vergessenheit gerieth, ungeachtet es andere Personen nicht an Bemühungen fehlen liefsen die Dampfkraft nutzbar zu machen.

Unter diesen hätte ich der Zeitfolge nach zunächst von **Papin** zu reden, indefs da seine Ideen keinen Einfluls hatten auf die Konstruktion der demnächst im Grofsen ausgeführten Dampfmaschinen, so will ich ihn einstweilen übergehen und erst den Mann betrachten, dem trotz aller Anfeindungen das Verdienst bleibt, dies mächtige Werkzeug zuerst ins Leben eingeführt zu haben. Dies ist

Thomas Savery. Er wird gewöhnlich mit dem Titel Kapitän belegt, und von Einigen für einen ehemaligen Schiffskapitän ausgegeben. Allein er selbst sagt gelegentlich in einer Schrift, dafs er keine Erfahrung im Seewesen habe. Viel mehr hat die Angabe für sich, dafs er Grubenbesitzer oder Bergofficiant in Cornwall war, und als solcher den Kapitänstitel führte. Ueberhaupt weifs man über seine Lebensumstände so gut wie nichts, aber allem Anschein nach war er ein angesehener und vermögender Mann, und dafs es ihm nicht an dem unter Engländern so häufigen mechanischen Talent fehlte, das beweist aufser seiner Dampfmaschine eine Vorrichtung die Geschwindigkeit der Schiffe zu messen, eine Art Hodometer, über welche **Newton** im J. 1718 einen vortheilhaften Bericht erstattete, sowie

auch eine neue Art von Räderschiffen, die er 1693 beschrieb in: *Navigation improved or the art of rowing ships, London 1693.*

Mit seiner Dampfmaschine trat Savery im J. 1698 hervor, in welchem Jahr er ein Patent auf dieselbe nahm, welches vom 25. Juli 1698 datirt ist. Ein Jahr darauf im Juni 1699 zeigte er ein Modell davon in der königl. Gesellschaft zu London vor, welche dasselbe auch in ihren Transactions von 1699 hat beschreiben und abbilden lassen. Er selbst gab über die Einrichtung und den Nutzen der Maschine eine Schrift heraus, *The miner's friend*, welche 1702 zuerst erschien; nach Andern soll dies schon 1696 geschehen sein, doch ist es nicht wahrscheinlich, daſs er die Beschreibung bereits vor dem Patent veröffentlichte. Die Schrift war dem König Wilhelm dedicirt, vor dem Savery im Hampton Court ein Modell seiner Maschine hatte spielen lassen.

Im Wesentlichen war die Maschine so eingerichtet, wie allem Anschein nach Worcester's Maschine gewesen ist. Der Dampf drückte unmittelbar auf das Wasser, und die Hähne wurden durch Menschenhand bewegt; neu war hingegen daran, daſs die Kondensation des Dampfes in den Gefäſsen durch kaltes von auſsen auf dieselben geleitetes Wasser bewirkt, und durch zweckmäſsig angebrachte Ventile das zu hebende Wasser von der Maschine selbst aufgesogen wurde. Sie war daher eine Kombination von Saug- und Druckpumpe, wogegen, wie es scheint, bei Worcester nur eine Druckpumpe vorhanden war, indem die Gefäſse oder Cylinder tiefer lagen als der Wasserbehälter, aus dem sie sich füllten, denn er sagt in seinem § 68: das Wasser würde nicht gesogen oder gezogen.

Eine Vorstellung von der Einrichtung und Wirkungsweise der Maschine Savery's giebt Fig. 24. Hierin sind a und a' die aus dem nicht gezeichneten Dampfkessel kommenden Dampfröhren mit den für die Weiterleitung oder Absperrung des Dampfes erforderlichen Hähnen. b und b' sind Gefäſse (Cylinder), die sich abwechselnd mit Dampf

oder Wasser füllen, was durch die in den Zweigröhren bei *c* und *d* befindlichen Ventile ermöglicht wird, welche sämmtlich nur nach oben sich öffnen.

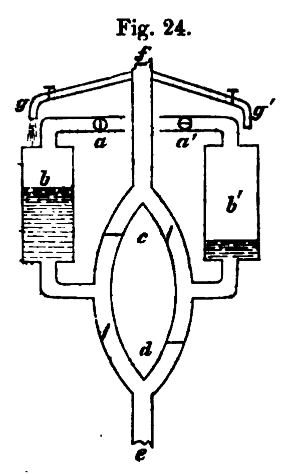


Fig. 24.

Das Rohr *e* mündet unten im Wasserbehälter, das Steigerohr *f* führt das gehobene Wasser seiner Bestimmung zu, und *gg'* lassen das Kühlwasser auf die Gefäſse *bb'* fallen.

Die Figur stellt den Fall dar, wo *b'* als Druckpumpe, *b* als Saugepumpe wirkt. Durch den geöffneten Hahn in *a'* strömt der Dampf in *b'* und preſst das darin befindliche Wasser in das Steigerohr *f*; gleichzeitig ist der Hahn in *a* geschlossen. Durch das aus *g* kommende kalte Wasser wird der in *b* vorhandene Dampf niedergeschlagen, wodurch in *b* ein luftverdünnter Raum entsteht, in welchen das Wasser aus dem Reservoir durch *e* eindringt. Wird nun *a* geöffnet und *a'* geschlossen, so wiederholt sich derselbe Vorgang, nur wird jetzt in *b* der Druck und in *b'* das Saugen vollzogen u. s. w.

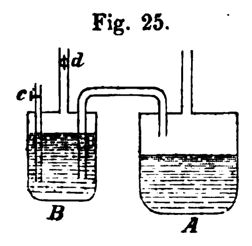


Fig. 25.

Auſserdem hatte **Savery** eine sinnreiche Vorrichtung erdacht den Dampfkessel ohne Abkühlung zu füllen. Er hatte einen Hülfsdampfkessel *B* (Fig. 25), in welchem er Wasser erhitzte und nach Schlieſsung des Hahnes *d* in den Hauptkessel *A* drückte. Das Rohr *C* lieſs, je nachdem bei seiner Oeffnung Wasser oder Dampf aus ihm kam, erkennen, ob *B* entleert sei.

Obwohl sich, wie man sieht, **Savery**'s Maschine in einigen Punkten von der **Worcester**'schen unterschied, so war sie doch in der Hauptsache dieser ähnlich, und im Grunde nicht viel vollkommener als sie. Dies hat den Glauben erregt **Savery**'s Maschine sei im Wesentlichen die

Worcester'sche, über deren Einrichtung wir nur mehr oder weniger wahrscheinliche Vermuthungen aussprechen können. **Desaguliers**, ein ausgezeichnetes Mitglied der londoner Gesellschaft, das sich auch um die Vervollkommnung der Dampfmaschine verdient gemacht hat, behauptete gradezu, dafs **Savery** seine Maschine aus **Worcester**'s Century of inventions entlehnt habe. Er sagt sogar, **Savery** habe, um sein Plagiat besser verbergen zu können, alle Exemplare der **Worcester**'schen Schrift, die er nur habe auftreiben können, aufgekauft, und in Gegenwart eines Freundes, von dem es eben **Desaguliers** erfuhr, verbrannt.

Die Erzählung ist aber nicht durch andere Zeitgenossen beglaubigt, obwohl sie grade nicht durch das entkräftet wird, was **Savery** als die Veranlassung angiebt, die ihn auf seine Maschine geleitet habe. Er sagt nämlich, dafs er zufällig darauf gekommen wäre, als er in einem Wirthshause eine Flasche Wein getrunken und sie an den Ofen gestellt habe. Da hätte sie sich ganz mit Dampf gefüllt, und als er sich nun habe Wasser zum Waschen geben assen, und er den Hals der Flasche in dasselbe gesteckt habe, sei das Wasser in die Flasche gestiegen, und habe sie gefüllt. **Desaguliers** meint, **Savery** habe diese Geschichte nur erfunden, um Leichtgläubige zu überreden, er sei aus sich auf die Erfindung gekommen.

Andere geben an, **Savery** sei beim Reinigen einer Tabackspfeife auf die Idee der Dampfmaschine geleitet. Er hätte nämlich Wasser in dieselbe gebracht und sie erhitzt, wo er denn sah, dafs der Dampf das Wasser mit grofser Heftigkeit hinaustrieb [1]). Was an diesen Sachen Wahres ist, läfst sich jetzt wohl nicht entscheiden. Möglich, ja wahrscheinlich ist es, dafs **Savery** die **Worcester**'sche Schrift gekannt habe. Es ist daher nicht unglaublich, dafs ihn diese, wenn auch nicht auf den ersten Gedanken gebracht, doch später geleitet habe. Immer bleibt ihm das

[1]) Switzer, Introduction to a general System of Hydrostatics 1729 R. Stuart, Historical and descriptive anecdotes etc. I, p. 123.

Verdienst die vergessene Maschine wieder in's Leben gerufen zu haben, und die von ihm daran angebrachten Abänderungen müssen doch wohl für hinreichend neu gehalten worden sein, denn sonst hätte man ihm doch schwerlich ein Patent darauf ertheilt, wenn auch das Patent von **Worcester** mit dem 1681 erfolgten Tode seiner Gemahlin erloschen gewesen sein mag.

Savery führte auch seine Maschine im Grofsen aus. Eine ihrer ersten Anwendungen bestand darin Wasser zu heben auf ein Schaufelrad, das dadurch in Bewegung gesetzt ward. Ein anderes Mittel durch Dampfkraft eine rotirende Bewegung hervorzubringen kannte man damals noch nicht.

233. Während **Savery** mit der Konstruktion seiner Maschine umging und zum Theil noch früher, war **Papin** andererseits eifrig bemüht die Kraft des Dampfes nutzbar zu machen. Eine der ersten Früchte davon war die nützliche Vorrichtung, die jetzt allgemein der papinsche oder papinianische Topf heifst, worin der Druck und die Temperatur des im verschlossenen Gefäfse erhitzten Wassers zum Erweichen organischer Substanzen benutzt wird. **Papin** beschrieb ihn in *A new digestor or engine for softing bones, London 1681*, dem sechs Jahr darauf ein Nachtrag folgte: *Continuation of the new digestor, Lond. 1687.*

Diese Vorrichtung, wie sie 1681 beschrieben ward[1]), ist schon in sofern bemerkenswerth, als dabei ein Sicherheitsventil d. h. ein Ventil mittelst Hebel durch ein Gewicht belastet, angebracht ist, was weder **Worcester** noch **Savery**, wenigstens anfangs, bei ihren Maschinen hatten. **Papin** lebte damals in London und sein Digestor wurde dem König Karl II. bekannt, welcher ein Exemplar desselben für sein Laboratorium anfertigen liefs. Bei diesem Digestor hatte **Papin** aufser dem Sicherheitsventil noch eine Vorrichtung angebracht, um das Springen des Gefäfses zu verhüten. Der Deckel hatte eine kleine Vertiefung. In

[1]) Acta Erudit. 1682, p. 105.

diese brachte er einen Tropfen Wasser, und beobachtete an einem Sekundenpendel, welches ganz einfach aus einem Faden mit Gewicht bestand, die zu seinem Verdampfen erforderliche Zeit. Fünf Sekunden entsprachen der Hitze von 10 Atmosphären. Er bemerkt dabei, daſs die Vertiefung rein sein müsse; etwas Fett verzögere die Verdampfung beträchtlich!

Auf die Idee, den Wasserdampf und die Luft als bewegende Kraft zu benutzen, kam **Papin** ohne Zweifel durch die Luftpumpe, mit welcher er sich schon sehr früh beschäftigte, wie seine *Nouvelles expériences du vide, Paris 1674* bezeugen, und welche er später, wie ich erwähnte, durch die Erfindung des Tellers bedeutend vervollkommnete (§ 205).

Es ist eine bis auf den heutigen Tag vielfach bestätigte Erfahrung, daſs der Weg, welchen ein Physiker bei seinen Untersuchungen einschlägt, sehr wesentlich davon abhängt, von welcher Seite her er, vielleicht zufällig, zuerst den Gegenstand angreift (§ 219). So auch bei **Papin**. Indem er von der Luftpumpe, bei welcher ja der Stempel ein Hauptbestandtheil ist, zu der Luft- oder Dampfmaschine überging, suchte **Papin** immer den Stempel beizubehalten, und solchergestalt seine Maschine gleichsam zu einer umgekehrten Luftpumpe zu machen, was denn auch in der That alle unsere heutigen Maschinen der Art sind, in sofern in ihnen durch Verdünnung oder Verdichtung von Gasen ein Stempel bewegt, und dadurch mechanische Kraft erzeugt wird, während man bei der Luftpumpe durch mechanische Kraft einen Stempel bewegt, und dadurch Gase verdünnt oder verdichtet.

Indem **Papin** diese Richtung nahm, schlug er gewiſs den richtigen Weg ein, aber leider vermochte er nicht die Schwierigkeiten zu beseitigen, die sich ihm darstellten. **Arago**'s Behauptung, daſs **Papin** wegen der Anwendung des Stempels als eigentlicher Erfinder der Dampfmaschine betrachtet werden müsse, ist durchaus ungegründet, wenngleich man zugeben kann, daſs die Vorschläge und Ideen

dieses erfinderischen Mannes andere auf die richtige Benutzung des Stempels geleitet haben.

Papin ersann mehrere Maschinen, die den Zweck hatten Wasser oder auch andere Gegenstände aus Gruben zu heben. Sie zeigen manche sinnreiche Einrichtung aber auch erhebliche Mängel, so dafs sie nur Vorschläge blieben und allein in den Beschreibungen existiren[1]); was aber besonders bemerkt werden mufs, ist der Umstand, dafs nicht Dampf, sondern die Elasticität verdichteter Luft die bewegende Kraft in allen diesen Maschinen war. Daher ist es denn auch wohl völlig gerechtfertigt, dafs die verschiedenen projektirten Konstruktionen hier nicht weiter zur Erörterung kommen, doch verdient die Einführung eines doppelt durchbohrten Hahnes bei einer dieser Maschinen erwähnt zu werden, da sie bei der Dampfmaschine später eine grofse Bedeutung erlangt hat. Sollte **Papin** diese Hähne wirklich erdacht haben, wie **Arago** meint, was ja möglich ist, so hat **Papin** sie doch nicht zuerst erfunden, denn sie sind, wie früher angegeben (§ 205) von **Wolferd Senguerd** zu Leyden schon 1685 beschrieben, obwohl erst 1697 zur Luftpumpe benutzt. **Papin** veröffentlichte seine Vorschläge später noch in einer besonderen Schrift, welche den Titel führte: *Recueil de diverses pièces touchant quelques nouvelles machines et autres sujets philosophiques, Cassel 1695.*

Näher der Dampfmaschine kommt ein anderer Vorschlag, den **Papin** ebenfalls 1688 bekannt machte.[2]) Danach wollte er die Kraft des Schiefspulvers benutzen und zwar auf die Weise, dafs er mittelst desselben unter dem Kolben eines Stiefels ein Vakuum hervorzubringen trachtete. In dieser Anwendungsweise des Schiefspulvers liegt nur das Neue in dem Zweck, den **Papin** damit erreichen wollte, nämlich in der Schaffung eines leeren Raumes; denn sonst

---

[1]) Philosoph. Transact. 1685, p. 1093, 1274; Acta Erudit. 1688, p. 644.

[2]) Acta Erudit. 1688, p. 497.

hatte man schon vor ihm das Schiefspulver zu Maschinen benutzen wollen. So z. B. ein gewisser **Hautefeuille** 1678, und der berühmte **Huyghens** 1680, nur wollten beide den Stempel heben durch die Kraft des Pulvers!

Im J. 1690 trat **Papin** wiederum mit einem Vorschlag auf, und zwar diesmal mit dem Vorschlag die Dampfkraft zu benutzen; er beschrieb ihn in den Actis Eruditorum.[1]) Seine Idee hierbei war folgende: Er giefst etwas Wasser in den Cylinder, drückt den Stempel darin nieder, der eine verschliefsbare Röhre zur Entfernung der Luft hat; nun bringt er den Cylinder über Feuer. Das Wasser verwandelt sich in Dampf, und dieser hebt den Stempel so weit, bis eine Feder in die Seitennute der Kolbenstange einspringt. Alsdann entfernt er das Feuer, der Cylinder erkaltet, der Dampf verdichtet sich, und sowie die Feder zurückgezogen wird, geht der Stempel rasch herunter. — Das ist nun die Vorrichtung, auf Grund welcher **Arago** den **Papin** als Erfinder der eigentlichen Dampfmaschine ansieht! Allerdings liegt darin das Princip der heutigen Dampfmaschine, aber doch immer nur ein Embryo, und wenn man bedenkt, dafs **Papin** durchaus keinen Versuch machte seine Idee irgend wie im Grofsen auszuführen, so mufs gewifs die Behauptung von **Arago** als höchst unbegründet erscheinen.

Selbst in diesem Vorschlag scheint **Papin** einen Vorgänger gehabt zu haben, und es ist merkwürdig, dafs **Arago** desselben nicht erwähnt, da dieser doch so gut wie **Papin** sein Landsmann war, nämlich der bereits oben genannte **Jean de Hautefeuille.** Er war der Sohn eines Bäckers zu Orleans, ward 1647 daselbst geboren und starb auch dort 1724; einer der ausgezeichnetsten Mechaniker seiner Zeit. In den Schriften: *Pendule perpétuelle avec la manière d'élever l'eau par la poudre à canon*, *Paris 1678* und *Réflexions sur quelques machines à élever les eaux*, *Paris 1682* spricht er von Anwendung des Wassers und auch sogar des Wein-

[1]) Acta Erudit. 1690, p. 410.

geistes in solcher Weise, dafs die Flüssigkeit abwechselnd verdampfen und sich verdichten sollte! [1])

In dem genannten Recueil von 1695 hat **Papin** den obigen Vorschlag weiter ausgeführt, und mit einigen sinnreichen Ideen vervollkommnet. So beschreibt er dort zur Heizung des Cylinders einen Ofen mit niederwärts gehender Feuerung, und macht darin auch den Vorschlag die Dampfkraft zur Bewegung von Schiffen anzuwenden, weshalb ihn auch **Arago** als Erfinder der Dampfschiffe ansieht! Um die auf- und abgehende Bewegung des Stempels in eine rotirende zu verwandeln, versah **Papin** die Kolbenstange mit einer Zahnung, die in ein gezahntes Rad eingriff, auch erforderte die Kontinuität der Bewegung mehrere solcher Dampfcylinder und eine Auslösung des Räderwerks. **Papin** kam auf diese Anwendung des Dampfes durch ein Räderboot, welches für den Prinzen Ruprecht auf der Themse erbaut war, und alle Ruderboote hinter sich liefs.

Das bisher Mitgetheilte enthält alle Data, kraft deren **Arago** sich für berechtigt hält[2]), **Papin** die Erfindung der eigentlichen Dampfmaschine, d. h. derjenigen, worin der Dampf auf einen beweglichen Stempel wirkt, zuzusprechen. Wie schon gesagt, ich kann diese Behauptung durchaus nicht für begründet halten, und stimmen darin auch die englischen Schriftsteller überein, die späterhin den Gegenstand behandelt haben, aber wie nicht mehr als billig ist, **Papin** wegen seiner sinnreichen Vorschläge alle Gerechtigkeit widerfahren lassen.

Wie wenig indefs **Papin** auch direkt mit seinen Ideen ausrichtete, so haben sie doch aller Wahrscheinlichkeit nach einigen Antheil an der nächsten Vervollkommnung der Dampfmaschine gehabt. Die Gelehrten kümmerten sich wenig um sie, und namentlich die Mitglieder der Royal Society, die überhaupt in den ersten 30 Jahren eine merkwürdige Gleichgültigkeit gegen alles, was die Dampfma-

---

[1]) R. Stuart, Hist. and descript. anecdotes etc. I, p. 70, 94.
[2]) Annuaire 1829 und 1837.

schine betrifft, an den Tag legten, hatten offenbar nur eine geringe Meinung von derselben.

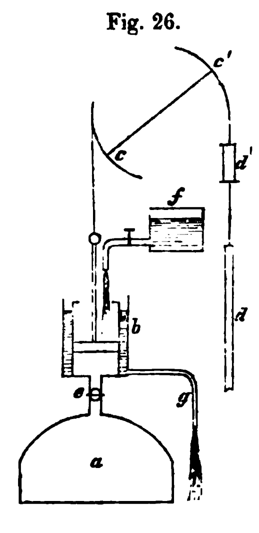
234. Der nächste Anstofs kam diesmal von einem Paar Männer, die dem schlichten Bürgerstande angehörten, von **Thomas Newcomen** einem Eisenhändler und **John Cawley** einem Glaser, beide Einwohner der Stadt Dartmouth und der Sekte der Wiedertäufer angehörig. Sonst wissen wir von dem Leben dieser beiden verdienstvollen Männer, ihrem Geburts- und Todesjahr nicht das Geringste. Sie machten im Stillen viele Versuche über die Anwendung des Dampfs als bewegende Kraft, und kannten **Papin**'s Vorschlag denselben auf einen Stempel wirken zu lassen. Es geht dies hervor aus einem Brief vom Dr. **Hooke** an **Newcomen**, den man in dem Nachlafs des ersteren gefunden hat, worin dieser dem **Newcomen** abräth, noch länger Zeit und Mühe in der Verfolgung des Plans von **Papin** zu verschwenden. Merkwürdig als Beweis von **Hooke**'s geringer Kenntnifs der Eigenschaften des Dampfes ist der Schlufs des Briefes: *Könnten Sie unter Ihrem Stempel rasch ein Vakuum hervorbringen, so wäre Ihr Werk gelungen.* — Bei **Papin** wurde das Vakuum allerdings nicht rasch, sondern sehr langsam zu Wege gebracht.

Die eifrigen Männer liefsen sich indefs durch das Urtheil von **Hooke**, trotz seiner hohen Autorität in mechanischen Dingen, nicht irre machen, sie setzten vielmehr ihr Unternehmen muthig fort, und sahen sich endlich mit solchem Erfolg gekrönt, dafs sie ein Patent auf ihre Erfindung zu nehmen wagen konnten. Allein das Patent von **Savery** stand ihnen im Wege, da diesem die Methode ein schnelles Vakuum durch Kondensation des Dampfes hervorzubringen als sein Eigenthum verbrieft war. Sie einigten sich daher mit ihm, und nahmen ihn als Theilnehmer an dem möglichen Gewinn ihrer Spekulation auf. So wurde denn ihnen drei, **Newcomen**, **Cawley** und **Savery** gemeinschaftlich, im J. 1705 ein Patent auf die verbesserte Dampfmaschine ertheilt, ohne dafs, wie es scheint, **Savery** weder vorher noch nachher irgend einen Antheil an den

Verbesserungen hatte. Es wird übrigens auch angegeben, dafs **Newcomen** und **Cawley** ihre Maschine schon früher sollen erfunden haben als **Savery** die seinige; allein weil dieser dem Hofe näher stand als sie, sei es ihm auch eher gelungen ein Patent zu erlangen als diesen.[1])

Die in Folge dieses Patents konstruirte Maschine ist die erste, die man in Wahrheit eine Dampfmaschine nennen kann. Sie gehört zur Klasse derjenigen, die man heut atmosphärische nennt, indem sie eigentlich nur vermöge des Drucks der Atmosphäre wirksam ist. Sie hatte den Stempel gemein mit **Papin**'s Modell oder Vorschlag, aber in der Benutzung dieses Stempels wich sie wesentlich ab. Denn während **Papin** den Stempel durch den unter ihm gebildeten Dampf heben, und nachgehends durch Kondensation des Dampfes den Stempel senken, also beide Bewegungen, die auf- und die herabgehende, durch Dampfkraft herstellen wollte, beabsichtigten **Newcomen** und **Cawley** nur die letztere durch Dampf hervorzubringen. Die aufsteigende Bewegung des Stempels bewirkten sie durch ein Gegengewicht, welches mittelst eines Hebels oder Balanciers, der hier auch zuerst gebraucht wurde, den Stempel an einer Kette in die Höhe zog, und damit dies immer senkrecht geschähe, hatten sie den Balancier an den Enden mit einem Bogenstück versehen, über welches sich die Kette legte.

Fig. 26.



Die Anordnung des Ganzen wird versinnlicht durch Fig. 26; darin bezeichnet *a* den Dampfkessel, *b* den Cylinder mit dem Stempel, *cc'* den Balancier mit den Bogen an seinen Enden. Das Gegengewicht *d* wird gebildet durch die Last der Kolbenstange für die Wasserpumpe, welche

[1]) Switzer, Hydrostatics II, p. 216.

durch die Maschine bewegt werden sollte. Diese Kolbenstange wirkte auf das Ende *c'* des Balanciers, und war noch besonders beschwert durch *d'*, um dazu das gehörige Gewicht zu haben. Der Dampf wurde nicht in dem Cylinder, sondern in dem darunter befindlichen Kessel *a* entwickelt, der mit dem Cylinder durch eine bei *e* verschliefsbare Röhre verbunden war.

Sobald der Stempel in die Höhe gehen sollte, wurde der Hahn *e* geöffnet, es trat Dampf unter den Stempel und verhinderte die Bildung eines Vakuums unter demselben, so dafs nun das Gegengewicht *d*, *d'* im Stande war, den Stempel in die Höhe zu ziehen. War der Stempel oben angelangt, so wurde der Dampfhahn *e* verschlossen, und es handelte sich nun darum, den Dampf zu kondensiren, damit der Druck der Atmosphäre im Stande sei, den Stempel herabzudrücken, und somit die Pumpenstange am andern Ende des Balanciers *c'* zu heben.

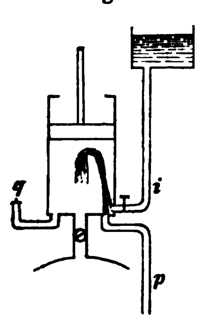
Es war dazu nöthig, den Dampfcylinder abzukühlen. **Papin** entfernte zu dem Ende das Feuer unter seinem Cylinder, gewifs ein sehr unvollkommenes Mittel, da dies nur eine sehr langsame Erkaltung zu Wege bringen konnte. **Savery** wandte, obwohl er noch keinen Stempel benutzte, ein viel wirksameres Mittel an, indem er kaltes Wasser auf seine Cylinder fliefsen liefs. Aehnlich machten es **Newcomen** und **Cawley**. Sie liefsen aus einem Gefäfs *f*, das durch die Pumpe gespeist wurde, kaltes Wasser auf den Stempel fliefsen, welches, wenn der Stempel bis oben gestiegen war, in eine Umhüllung des Cylinders trat, und unten durch eine Röhre *g* abflofs. Die Bedeckung des Stempels mit einer Wasserschicht hatte überdies noch den Nutzen ihn luftdichter schliefsend zu machen, denn man kannte damals kein anderes Mittel der Liederung als Hanf oder Werg, die Zweckmäfsigkeit des Leders hierzu lernte man erst zufällig im J. 1713 kennen [1]).

---

[1]) Desaguliers, Experimental Philosophy II, p. 333.

Bei dieser Einrichtung machten **Newcomen** und **Cawley** einst die Beobachtung, dafs eine ihrer Maschinen viel rascher arbeitete als die anderen, und als sie dies näher untersuchten, fand sich, dafs der Stempel dieser Maschine nicht dicht geschlossen, sondern etwas von dem kalten Wasser durchgelassen hatte, welches in den Dampfraum geträufelt war. Dieser Zufall ward Veranlassung zu einer wesentlichen Verbesserung. **Newcomen** und **Cawley** erkannten, dafs der Dampf viel rascher kondensirt werde, wenn man das kalte Wasser direkt mit ihm in Berührung bringe, und sogleich stellten sie eine Vorrichtung her, wodurch dies auf eine zweckmäfsige Art bewirkt wurde. Sie erfanden die Einspritzung! (s. Rohr *i* Fig. 27.) Das war ein wesentlicher Fortschritt, weil nun der Dampf viel schneller kondensirt wurde, mithin die Maschine viel rascher arbeiten konnte.

Fig. 27.



Durch den bei jedem Hub in den Cylinder eintretenden und darauf verdichteten Dampf bildete sich, wie leicht ersichtlich, unter dem Stempel flüssiges Wasser, dessen Menge, zumal durch die Einspritzung, fortwährend zunahm, und das nothwendig fortgeschafft werden mufste, wenn die Maschine nicht zuletzt still stehen sollte. Um dieses Wasser zu entfernen, liefsen **Newcomen** und **Cawley** in den Boden des Cylinders ein Rohr *p* eintreten, welches 30 Fufs senkrecht hinab ging in eine Cisterne. Es war, wie man sieht, ein förmliches Wasserbarometer, dessen Wassersäule, obwohl sie aus dem Cylinder Zuflufs bekam, niemals in diesen wieder zurücktreten konnte, selbst wenn darin auch durch die Kondensation der Druck auf das niedrigste Mafs herabkommen sollte. Das Mittel war unbequem, aber ganz sinnreich.

Endlich mufste auch noch die Luft entfernt werden, die sich nothwendig aus dem Wasser im Dampfkessel entband, und auch durch das kalte Einspritzwasser mit herbeigeführt ward. Dazu diente ein Rohr *q* mit einem auf-

wärts schlagenden Ventil. Wenn der Stempel niederging, drückte er dies Ventil auf und trieb die Luft heraus. Um das Ventil ganz dicht zu machen, war es mit einer Wasserschicht bedeckt.

Dies war nun im Wesentlichen die Einrichtung der Maschine, auf welche **Newcomen** und **Cawley** in Verbindung mit **Savery** im J. 1705 ein Patent erhielten, nur fehlte die Einspritzung noch. Das Spiel derselben ist leicht zu begreifen. Die Bewegung der Hähne daran wurde aber durch Menschenhand bewerkstelligt, wie bei **Worcester** und **Savery**; daher erforderte sie die unausgesetzte Beaufsichtigung durch eine sehr aufmerksame Person, und dies war gewifs noch eine grofse Unvollkommenheit. Man pflegte gewöhnlich einen Knaben anzustellen, um abwechselnd die beiden Hähne in dem Dampf- und Einspritzrohr auf- und zuzudrehen. Einst war dies einförmige Geschäft einem aufgeweckten Jungen Namens **Humphry Potter** anvertraut. Da hörte er draufsen seine Kameraden spielen und toben, und hätte gern Theil genommen an ihren Freuden, durfte aber seine Maschine nicht verlassen. Der Ueberdrufs an seiner Arbeit machte ihn erfinderisch; er sah, dafs das Drehen der Hähne mit der Bewegung des Balanciers in einem nothwendigen Zusammenhang stand. Schnell fafste er den Gedanken, beide durch Bindfäden zu verknüpfen, und siehe da, nun ging die Maschine allein, und er konnte hinaus ins Freie [1]). Wann **Potter** diese nützliche Erfindung machte, finde ich nicht angegeben. Ihr Werth wurde indefs sogleich erkannt, und man brachte statt des Bindfadens ein Gestänge an, welches von nun an die Menschenhand zu dem einförmigen Drehen der Hähne entbehrlich machte.

Sechs Jahre verstrichen nach dem Patent, ehe **Newcomen** und **Cawley** im Stande waren, ihre Maschine wirklich ins Leben einzuführen, theils weil sie dieselbe noch nicht ordentlich im Grofsen herzustellen vermochten, theils

---

1) Annuaire 1839 p. 298; Stuart, Hist. etc. I, 160.

weil man Vorurtheile gegen sie hatte, und ihre Leistungen bezweifelte. Endlich im J. 1711 glückte es zu Wolverhampton für einen Herrn **Back** eine Maschine zum Wasserheben zu errichten, und bei dieser Gelegenheit war es, wo sie den Nutzen des Einspritzens von kaltem Wasser in den Dampf entdeckten.

235. Während so die Dampfmaschine in England bis zur praktischen Anwendbarkeit vervollkommnet wurde, griffen auf dem Kontinent einerseits **Amontons** in Paris und andererseits **Papin** in Marburg den Gegenstand wieder auf. **Amontons** beschrieb im J. 1699 seine Feuermühle, moulin à feu, die indeſs nur in sofern hier Erwähnung verdient, als darin erhitzte Luft zur Bewegung benutzt wird, sonst aber nichts mit der Dampfmaschine gemein hat, auch nur Vorschlag blieb [1]) (§ 224). Bei **Papin** ist merkwürdig, daſs er, nachdem er im J. 1690 wirklich eine Idee ausgesprochen, die zu brauchbaren Resultaten führen konnte, plötzlich die Sache fallen lieſs, und sie nicht eher wieder aufnahm, als bis sie in England weiter geführt worden war. Er giebt zwar an, schon 1698 durch den Landgrafen Wilhelm veranlaſst worden zu sein, neue Versuche mit der Dampfkraft anzustellen. Allein aus allem, was sonst darüber bekannt geworden, erhellt genugsam, daſs er erst, nachdem er die **Savery**'sche Maschine kennen gelernt hatte, auf den Gegenstand wieder zurückkam.

Der berühmte **Leibnitz** war in England gewesen. Er hatte dort **Savery**'s Maschine gesehen und schrieb darüber an **Papin**. Ueberdies war **Savery**'s Aufsatz in den Philosoph. Transact. von 1699 mit der Abbildung der Maschine schon im J. 1700 in die Acta Erudit. übergegangen, und **Savery**'s Maschine konnte also unmöglich **Papin** unbekannt geblieben sein. Dennoch trat **Papin** 1707 mit der Beschreibung einer neuen Maschine hervor, die er angeblich unabhängig von **Savery** erfunden haben wollte. Er veröffentlichte darüber eine kleine Schrift: *Nouvelle manière pour lever l'eau*

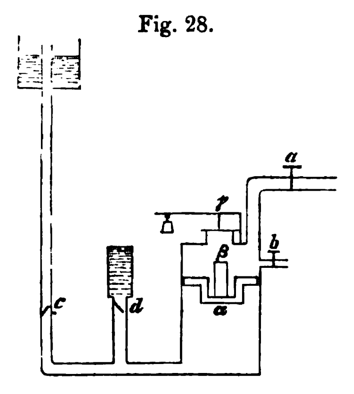
---

[1]) Stuart, Hist. and descript. anecdotes I, 130.

par la force du feu, Cassel 1707. Der hierin gegebene Vorschlag war aber kein Fortschritt, sondern ein Abweg von der im J. 1690 betretenen Bahn, und die proponirte Maschine ist in den wesentlichen Theilen derjenigen von **Savery** so ähnlich, dafs man deutlich sieht, die letztere habe ihm zum Vorbild gedient.

Die Einrichtung dieser Maschine, die man gewöhnlich unter dem Namen der hessischen citirt findet, war folgende [1]: Durch den Hahn *a* Fig. 28 tritt der Dampf aus dem Kessel in den Dampfcylinder, drückt auf den Schwimmer *α* und prefst das darunter befindliche Wasser durch das Ventil *c* in das Steigerohr. Hierauf wird *a* geschlossen und *b* geöffnet. Der Dampf strömt nun aus *b* in die freie Luft, die Maschine ist also eine Hochdruckmaschine; zugleich tritt jetzt das Wasser aus dem Wasserbehälter durch das Ventil *d* und füllt den Cylinder wieder, worauf *b* geschlossen und *a* geöffnet wird, und das Spiel von Neuem beginnt.

Fig. 28.



Bis soweit unterscheidet sich die Maschine von der **Savery's** nur in der äufseren Form, eine wesentliche Verschiedenheit besteht aber in dem Schwimmer *α* auf dem Wasser im Dampfcylinder. Dieser Schwimmer hatte den Zweck, den Dampf an der unmittelbaren Berührung mit Wasser zu hindern, damit er nicht von diesem kondensirt würde und seine Spannkraft verliere, denn **Papin** wufste sehr wohl, dafs man mit Dampf nur dann in wirksamer Weise auf Wasser drücken kann, wenn dieses ebenso heifs ist als er selbst. Der Schwimmer war hohl, von Gufseisen und von abgebildeter Gestalt. Die Vertiefung in der Mitte

[1]) Stuart, Hist. etc. I, 135.

war ihm gegeben, um darin einen glühenden Eisenbolzen β einzusetzen, der die Erkaltung und demnächstige Verdichtung des Dampfes noch besser verhüten sollte. Um diesen Bolzen an seinen Platz bringen zu können, war oben die Klappe γ angebracht, belastet mit einem Gewicht am Hebel, zugleich als Sicherheitsventil dienend.

Ein englischer Autor neuerer Zeit, **Ainger**, nennt diesen Schwimmer eine kindische Vorrichtung, und in der That, zweckmäſsig war er wohl nicht, denn abgesehen von der Umständlichkeit des glühenden Eisenbolzens, dessen Erneuerung doch jedesmal den Gang der Maschine unterbrechen muſste, hätte der Schwimmer wenigstens nicht von einem so guten Wärmeleiter wie Guſseisen verfertigt sein sollen. Wie dem auch sei, so sieht man doch, daſs **Papin** jede Verdichtung des Dampfes verhindern wollte, welchem er auſserdem eine hohe Spannung wie bei Hochdruckmaschinen gab, während **Savery** seine Maschine abwechselnd drückend und saugend wirken lieſs.

Der Kurfürst von Hessen lieſs, wie es scheint, diese Maschine **Papin**'s gegen das J. 1705 in Kassel ausführen; sie hob Wasser zur Speisung einer Fontäne 70 Fuſs hoch in einen Behälter. Die Maschine muſs aber doch wohl nicht recht wirksam gewesen sein, denn man findet angegeben, daſs der Kurprinz Karl von Hessen, Sohn des Landgrafen Wilhelm, bei einem Besuch in London 1706, wo er **Savery**'s Maschine sah, diesen engagirte **Papin**'s Maschine abzuändern, und dieser auch wirklich die nöthigen Abänderungen, wenn auch nicht selber ausführte, doch angab[1]).

Hooke.

236. Unter der groſsen Zahl von ausgezeichneten Männern, durch welche das Ende des XVII. Jahrhunderts zu einer so fruchtbaren Epoche für die Geschichte der Physik geworden ist, steht keiner in so naher Beziehung zu den bisher betrachteten Gegenständen, als der schon

---

1) Stuart, Hist. etc. II, 617.

oftmals genannte **Robert Hooke**, so dafs es zweckmäfsig sein dürfte, eine Schilderung seiner Verdienste zunächst hier folgen zu lassen. Man mufs **Hooke** nicht verwechseln mit ein Paar Personen ähnlichen Namens, zunächst nicht mit einer, deren Namen die Uebersetzung von dem seinigen ist, nämlich mit **Haak**, einem Deutschen, der sich in London aufhielt und in der ersten Zeit der Royal Society thätigen Antheil an deren Sitzungen nahm. Dann auch nicht mit **Rooke**, einem achtungswerthen Astronomen und Mathematiker, der ein sehr eifriges Mitglied der Royal Soc. war, und gewifs noch manches geleistet haben würde, wenn er nicht schon im 40. Lebensjahre 1662 gestorben wäre.

Unser **Robert Hooke** war geboren zu Freshwater auf der Insel Wight am 18. Juli 1635, und starb zu London im 87. Lebensjahr. Trotz des hohen Alters, welches er erreichte, war er doch in seiner Jugend von sehr schwächlicher Konstitution. Sein Vater, der Prediger war, hatte ihn für den geistlichen Stand bestimmt und liefs ihn daher, nachdem er ihm selbst den ersten Unterricht ertheilt hatte, eine lateinische Schule besuchen. Allein die Kränklichkeit des jungen **Hooke** steigerte sich so, dafs der Vater ihn bald von allem Unterricht entbinden mufste.

In der Mufse, der er jetzt überlassen war, zeigten sich bald Proben seines Erfindungstalents, wie er denn u. A. eine hölzerne Uhr konstruirte, welche die Stunden des Tages ziemlich richtig angab. Nun wollte der Vater ihn Uhrmacher werden lassen, aber dieser Plan wurde ebensobald aufgegeben als der andere, ihn zum Maler auszubilden. Am Ende zeigte sich's, dafs er denn doch zum Gelehrten am besten taugte, und so wurde er in die Westminsterschule geschickt, wo er Latein, Griechisch, Hebräisch und Mathematik zu studiren hatte. Im Euklid machte er bedeutende Fortschritte, auch zeigte er hier wiederum seine Erfindungsgabe, indem er seinem Lehrer 30 verschiedene Arten zum Fliegen mittheilte!

Im J. 1653 bezog er die Universität Oxford. Dort wurde er bald mit den Mitgliedern der philosophischen

Gesellschaft bekannt, und da er sich sehr anstellig erwies, nahm ihn erstlich der Chemiker **Willis** und später der berühmte **Robert Boyle** zum Gehülfen an. Mit **Boyle** arbeitete er mehrere Jahre zusammen, und unterstützte denselben namentlich bei seinen Versuchen mit der Luftpumpe. **Hooke** soll es eigentlich gewesen sein, der die zweistieflige Luftpumpe erfand im J. 1658 (§. 205).

Durch die Erfindungen und Entdeckungen, die er vom J. 1656 an zu Tage förderte, erwarb er sich einen solchen Ruf, dafs die königl. Gesellschaft zu London ihn am 3. Juni 1663 zu ihrem Mitgliede erwählte, und ihm zugleich in Betracht seiner drückenden Vermögensumstände den sonst üblichen Geldbeitrag ein- für allemal erliefs. Im J. 1664 bewilligte sie ihm sogar ein festes Gehalt, freilich nur von 30 Lstrl., wofür ihm die Verpflichtung auferlegt ward, die in den Sitzungen der Gesellschaft begehrten Experimente zu machen. Seine äufsere Lage befestigte sich in demselben Jahre auch noch dadurch, dafs ihm erstlich ein Sir **John Cutler** ein Gehalt von 50 Lstrl. aussetzte, um dafür Vorlesungen über Mechanik zu halten, die 1679 als Lectiones Cutlerianae gedruckt erschienen, und dafs er andererseits zum Professor der Geometrie am Gresham College ernannt wurde.

Hooke war, wie es oft mit kränklichen Personen der Fall ist, von sehr reizbarem Temperament, eigensinnig und in hohem Grade eifersüchtig auf jedes fremde Verdienst, daher er sich denn auch überall beeinträchtigt glaubte, und in fortdauernde Zänkereien und Streitigkeiten verwickelte, so z. B. mit unserm Landsmann **Hevel**, mit **Huyghens**, mit dem Sekretär **Oldenburg**, selbst mit **Newton**. Auch mit der Gesellschaft in corpore überwarf er sich mehrmals wegen seiner amtlichen Stellung, doch stellte sich das gute Vernehmen wieder her, und wie sehr man ihn trotz seiner Fehler achtete geht daraus hervor, dafs man ihn im J. 1678 nach **Oldenburg's** Tode zum Sekretär wählte, und ihm noch 1696 eine bedeutende Summe bewilligte, um gewisse Experimente dafür anzustellen.

Hooke bewahrte seine Thätigkeit bis ins hohe Alter. In den letzten Jahren seines Lebens safs er fast Tag und Nacht am Schreibtisch, und ging nie anders als unausgekleidet zu Bett. Er war nie verheirathet.

Der mehrfach genannte **Heinrich Oldenburg**, der sich mitunter auch transponirt Grubendol schrieb, war 1626 in Bremen geboren, und kam unter Karl I. nach England als Konsul seiner Vaterstadt, was er auch unter **Cromwell** blieb. Der Umstand, dafs er nach dem Verlust seines Amtes einen jungen Lord 1656 als Hofmeister nach Oxford begleitete, gab Veranlassung, dafs er mit der philosophischen Gesellschaft bekannt wurde, in die Royal Soc. eintrat, und durch seine Sprachkenntnifs den ersten Sekretär Dr. **Wilkins** als Gehülfe unterstützte, worauf er nach **Wilkins'** Tode dessen Amtsnachfolger ward. Er führte die Korrespondenz, besorgte die Herausgabe der Transactions und verwaltete sein Amt zur grofsen Zufriedenheit der Gesellschaft bis zu seinem zu Charlton bei Blackheath 1678 erfolgten Tod.

237. Robert Hooke kann zwar nicht mit seinen beiden Zeitgenossen **Newton** und **Huyghens** in eine Linie gestellt werden, aber er war doch ein grofses Talent, ausgerüstet mit reicher Gabe der Beobachtung und Erfindung, besonders in Dingen der praktischen Mechanik. Hätte er mit seiner ausgezeichneten manuellen Geschicklichkeit einen entsprechenden Grad von mathematischem Geist verknüpft, hätte er sich mehr auf einen Gegenstand koncentrirt, so würde er unstreitig einen noch höheren Rang als Physiker eingenommen haben. Aber er zersplitterte seine Kräfte, und so ist es gekommen, dafs während er fast in allen Zweigen der Physik Spuren seines Scharfsinns hinterlassen hat, er doch keinen von Grund aus umgestaltete oder neu hinzufügte. Seine Leistungen sind ungemein mannichfach und zahlreich, so dafs ich mich darauf beschränken mufs, einige der vorzüglichsten hervorzuheben.

Eine seiner ersten und wichtigsten ist die Erfindung der Spiralfeder an der Unruhe der Taschenuhren. Er

machte sie in den Jahren 1656 bis 1658, veranlafst durch das Lesen des Almagest von **Riccioli**. Die Benutzung von Metallfedern zu Uhren war schon lange vor **Hooke** in Gebrauch; einen Beweis davon geben die Taschenuhren, die nach der gewöhnlichen und im Grunde noch nicht widerlegten Angabe von **Peter Hele**, einem nürnberger Uhrmacher, ums J. 1500 oder 1510 erfunden, und in der ersten Zeit wegen ihrer ovalrunden Gestalt lebendige nürnberger Eier genannt wurden. Bei diesen Uhren diente die Federkraft aber nur als primum movens, als Erzeugerin der Bewegüng, und sie vertrat demnach die Stelle des Gewichts bei den Setz- und Schlaguhren, die noch weit älteren Datums sind, schon zu Ende des XIII. Jahrhunderts in Italien bekannt waren, und vermuthlich von den Saracenen zu den Europäern übergegangen sind.

Keine Uhr oder wenigstens keine Räderuhr, wie es die eben bezeichneten waren, sie mag nun durch Gewichte oder durch eine Feder angetrieben werden, ist aber ausführbar ohne einen Regulator, welcher die Triebkraft zügelt und die von ihr erzeugte Bewegung regelmäfsig macht. Einen solchen Regulator besafsen demnach auch alle Räderuhren, die seit dem XIV. Jahrhundert in Italien, Deutschland, Frankreich und England auf Kirchthürmen, Rathhäusern, Schlössern und Klöstern ziemlich häufig waren, in letzteren, um die Mönche zu ihren Morgengebeten zu wecken. Aber diese Regulatoren waren sehr unvollkommener Art; man weifs dies namentlich von der Thurmuhr, die Karl V. von Frankreich durch einen Deutschen **Heinr. von Wick** im J. 1364 in Paris verfertigen liefs, und, weil sie daselbst die erste in gröfserem Mafsstabe ausgeführte war, eine grofse Berühmtheit erlangte (§ 251).

Mit einem ähnlichen, unvollkommenen Echappement waren nun die Taschenuhren jener Zeit versehen, die übrigens in der Mitte des XVI. Jahrhunderts noch so theuer waren, dafs man sie in England mit 50 Lstrl. bezahlte, und sie dabei doch einen sehr unregelmäfsigen Gang hatten. Selbst die astronomischen Uhren waren

damals noch sehr rohe Werkzeuge. Der berühmte **Tycho Brahe** bediente sich zu seinen Beobachtungen einer förmlichen Thurmuhr, worin eins der Räder nicht weniger als drei Fuſs im Durchmesser hielt und 1200 Zähne hatte!

Hooke hatte nun die glückliche Idee, eine Stahlfeder, wie es scheint anfangs eine grade, später eine spiralförmige mit der sogenannten Unruhe zu verbinden, wodurch diese, wenn sie vom Steigrade nach einer Seite geworfen ist, mit unveränderlicher Kraft wieder zurückgeworfen wird. **Hooke** theilte die Erfindung seinem Gönner **Boyle** mit, welcher sie **Rob. Moray**, einem anderen Mitglied der Royal Soc. und dem Lord **Brouncker**, dem Präsidenten derselben, anvertraute. **Moray** forderte **Hooke** auf ein Patent zu nehmen, und zeigte ihm die Wege an dasselbe recht nutzbar zu machen. Das gab denn nun wohl Veranlassung zu dem nur durch die Unerfahrenheit von **Hooke** erklärlichen Schritt, daſs er sich dazu verstand, mit jenen drei Herren das Patent gemeinschaftlich nachsuchen zu wollen.

Die Patentträger hielten die Erfindung für so einträglich, daſs sie von den ersten 6000 Lstrl., die sie zu gewinnen hofften, dem **Hooke** drei Viertel, von den nächsten 4000 zwei Drittel und von dem späteren Ertrage die Hälfte zusicherten. Allein die übrigen Theilnehmer bestanden darauf, von jeder Verbesserung der Erfindung den alleinigen Gewinn ziehen zu wollen, und da **Hooke** wohl mit Recht sich diese Klausel nicht gefallen lassen wollte, so zerschlug sich die Sache, und das Patent wurde nicht zur Ausführung gebracht.

Dieser Umstand veranlaſste, daſs die Erfindung ein Geheimniſs blieb, und so war es denn am Ende kein Wunder, daſs **Huyghens**, der um dieselbe Zeit, da **Hooke** die Spiralfeder erfand, die eben so wichtige Erfindung der Pendeluhren machte, auch auf die Anwendung der Federkraft zur Regulirung der Taschenuhren verfiel. **Huyghens** trat mit dieser Idee erst im J. 1675 hervor, und steht demnach, was Priorität betrifft, jedenfalls **Hooke** nach. Ob er die Idee indeſs von **Hooke** entlehnte, ist nicht recht

36*

glaublich. **Hooke** behauptet es jedoch, er beschuldigt den grofsen Mann geradezu des Plagiats, und warf dem Sekretär **Oldenburg** vor, er habe demselben die Erfindung im Geheimen mitgetheilt (§ 256).

Was Wahres daran ist, läfst sich wohl jetzt nicht mit voller Gewifsheit entscheiden; nur soviel ist sicher, dafs **Huyghens** in seinem Horologium oscillatorium, dem Werke, worin er seine Erfindung beschreibt und das 1673 erschien, noch nicht von der Spiralfeder spricht. Andererseits sind viel vor diesem Jahre auch noch keine Taschenuhren nach **Hooke**'s Princip verfertigt worden, denn die erste Taschenuhr mit Spiralfeder, die Karl II. von England bekam, besafs die Inschrift:

Robert Hooke invenit 1658, Tompion fecit 1675.

Uebrigens wich das Echappement der Huyghens'schen Taschenuhren, von denen die erste im J. 1674 von **Turet** in Paris verfertigt wurde, etwas von dem Hooke'schen ab. Auch mufs ich noch erwähnen, dafs ebenfalls um die Mitte des XVII. Jahrhunderts der § 233 mehrmals genannte **Hautefeuille** sich mit der Regulirung der Taschenuhren befafste, ohne jedoch dabei zu erheblichen Resultaten zu gelangen. Er wandte anfangs eine Schweinsborste an, später eine grade Stahlfeder und endlich, wohl nachdem er von **Hooke** und **Huyghens** gehört, eine spiralförmige. Derselbe **Hautefeuille** nahm auch die Erfindung der Pendeluhren für sich gegen **Huyghens** in Beschlag.

238. Ein anderer Gegenstand, in welchem **Hooke** mit **Huyghens** zusammentrifft, ist die Anwendung des konischen Pendels, des Centrifugalpendels oder der Pirouette zur Regulirung der Uhren. **Hooke** hat seiner Angabe nach diese Erfindung schon 1660 gemacht und beschrieben in den *Animadversions to the first part of the Machina coelestis of Joh. Hevelius etc., Lond. 1674*, während **Huyghens** von der Anwendung dieses Pendels erst in seinem Horolog. oscillat. vom J. 1673 redet. Indefs ist die Angabe von **Hooke** etwas verdächtig, denn das konische Pendel ist unstreitig komplicirter als das, welches in einer Ebene schwingt,

und wenn er schon 1660 an die Benutzung des ersteren zu Uhren gedacht haben sollte, so sollte man meinen, dafs ihm auch die Anwendung des letzteren nicht entgangen wäre, auf die er doch keine Ansprüche erhebt. Ueberdies weifs man, dafs die Erfindungen und Untersuchungen, die **Huyghens** in seinem Horolog. oscill. von 1673 beschrieb, gleichfalls meist vom J. 1656 bis 1660 datiren. Auch hat **Huyghens** die Gesetze der konischen Pendelschwingungen entdeckt und genau entwickelt. Die Anwendung derselben auf Uhren fand in jener Zeit wenig Beifall, und wurde erst neuerdings wieder in's Leben gerufen für Zwecke, wo es nöthig ist eine stetige Bewegung zu haben.

Welche Bewandtnifs es indessen auch mit der Anwendung des konischen Pendels haben mag, so ist doch das Verdienst, welches sich **Hooke** durch Erfindung der Spiralfeder um die richtige Zeitmessung erworben hat, allein schon hinreichend seinem Namen hier ein höchst ehrenvolles Gedächtnifs zu sichern.

239. Nicht minder verdienstlich sind **Hooke**'s Bestrebungen in Vervollkommnung der Winkelmessung. So machte er am 28. November 1666 die Erfindung der Weingeistlibelle, eines so überaus nützlichen Werkzeugs. Er hat hierin ohne Widerrede die Priorität, namentlich gegen den Franzosen **Picard**, der erst 1684 in seinem *Traité du nivellement* ähnliche Vorrichtungen beschrieb, die noch dazu sämmtlich statt des Weingeistes das minder zweckmäfsige Wasser enthielten.

Zwei Jahre früher, d. h. 1664, wandte **Hooke** die Schraube zur Theilung astronomischer Winkel-Instrumente an, und 1665 zeigte er in der Roy. Society einen kleinen Quadranten, woran die Alhidade durch eine Schraube bewegt wurde, so dafs das Instrument Minuten und Sekunden angab. Aufserdem kam **Hooke**, ohne von den Leistungen Anderer etwas gewufst zu haben, auf die Erfindung des Nonius, auf die Anwendung der Fernröhre zu Winkel-Instrumenten, und auf die Erfindung des Mikrometers oder Fadenkreuzes.

Die Erfindung des Fadenkreuzes ist als eine sehr wichtige der Gegenstand mehrfacher Diskussionen gewesen zwischen Italienern, Franzosen und Engländern. Den ersten Schritt dazu that ohne Zweifel **Morin**, Prof. der Mathematik in Paris, da er im J. 1634 ein Fernrohr auf seinen Quadranten setzte, um damit Sternhöhen bei Tage zu messen. Aber sein Fernrohr hatte noch kein Fadenkreuz, vermuthlich, weil es noch ein galilei'sches oder holländisches war und folglich keins haben konnte (§ 84). In der Regel wird die Erfindung des Fadenkreuzes den Franzosen **Auzout** und **Picard**, beide Mitglieder der pariser Akademie zugeschrieben, und es ist gewifs, dafs sie von derselben gleichsam die erste Anwendung im Grofsen machten, indem sie dieselbe zu der von ihnen 1667 auf Befehl der Akademie unternommenen Gradmessung benutzten.

Adrien Auzout, geb. zu Rouen, war einer der ersten Mitglieder der Akademie. Durch eine Kabale, die ihn beim Minister Colbert verläumdete, verlor er indefs schon 1668 seine Stelle und sein Gehalt, worauf er nach Italien ging und dort 1691 in Rom starb. — **Jean Picard** war geb. 1620 zu La Flêche in Anjou und starb zu Paris 1682.

Zufolge einer Nachricht des Astronomen **Zach**[1]) hätte schon vor **Auzout** und **Picard** der Florentiner **Francesco Generini** die Fernröhre bei Winkel-Mefswerkzeugen angewandt. Derselbe war Ingenieur des Grofsherzogs von Toskana, zugleich Mechanikus und Wasserbaumeister, und starb 1663 im 70. Lebensjahre. Er versah nach dieser Angabe nicht nur die Fernröhre, die man zu seiner Zeit noch in freier Hand hielt, zuerst mit einem Stativ, sondern hatte auch die Idee sie mit Winkel-Instrumenten zu verbinden, oder wie er es nannte diese zu teleskopiren, und führte diese Idee auch wirklich aus. Das Jahr seiner Erfindung ist nicht genau bekannt, aber es scheint als habe er sie im 30. oder 40. Lebensjahre, also schon in den ersten Decennien nach der Erfindung der Fernröhre

[1]) Zach, Astronom. Zeitschr. IV, 3.

gemacht. Da jedoch in dieser Mittheilung nirgend vom astronomischen Fernrohr die Rede ist, auch nirgend das Fadenkreuz erwähnt wird, so erscheint das Verdienst **Generini's** in dieser Sache sehr zweifelhaft.

Dagegen giebt der Graf **Malvasia** zu Bologna in seinen 1662 erschienenen astronomischen Ephemeriden umständlich an, dafs er sich lange Jahre hindurch eines Mikrometers aus Silberfäden bedient habe, daher die Italiener auch ihm wohl die Erfindung des Mikrometers zuschreiben (§ 181).

Noch früher im J. 1659 beschrieb **Huyghens** in seinem *Systema saturnium* ein von ihm angewandtes Mikrometer, mit dem er Planeten-Durchmesser u. s. w. mafs. Es bestand aus Messingplatten von keilförmiger Gestalt, die von der Seite her in's Fernrohr geschoben wurden, bis sie den Planeten u. s. w. deckten. Wegen der Irradiation gab dies Mikrometer indefs zu grofse Werthe. Auch **Hevel** bediente sich eines Mikrometers, bestehend aus mehreren Parallelfäden, die durch eine Schraube bewegt wurden. **Hecker**, ein danziger Patricier, der es unter **Hevel's** Nachlafs fand, hat es in den Act. Eruditorum von 1708, p. 125 beschrieben und abgebildet.

Am aller frühesten hat indefs der Engländer **William Gascoigne** das Mikrometer angewandt. Er beschreibt es im J. 1640 und 1641 in Briefen an seine Freunde **Horrox** und **Crabtree**, dieselben, die am 4. December 1639 den ersten Durchgang der Venus vorüber der Sonne beobachteten (§ 135). Er hat es nicht allein zum Messen von Planeten- und Monddurchmessern angewandt, sondern auch seine Winkel-Instrumente, den Sextant u. s. w. mit Fernrohr und Fadenkreuz versehn, wie von **Derham** in den Philosoph. Transact. 1717 nachgewiesen worden ist. Auch beleuchtete **Gascoigne** Nachts das Mikrometer. Dasselbe ist von **Townley** und auch von **Hooke** [1]) beschrieben, von Letzterem auch abgebildet worden; es bestand aus zwei

---

[1]) Philosoph. Transact. 1667.

zugespitzten scharfrandigen Blechen, die durch eine Schraube mit Skala und eingetheiltem Kopf gegeneinander bewegt wurden. Die Erfindung ging aber für die Zeitgenossen verloren, da **Gascoigne** bald darauf am 2. Juli 1644 in der Schlacht von Marston-Moor fiel, wo er für Karl I. focht. Erst aus seinen hinterlassenen Papieren ist sie bekannt geworden. **Hooke** scheint anfangs auch nichts von der Erfindung seines Landsmannes gewufst zu haben; er verbesserte sie aber, indem er vorschlug statt der Metallspitzen ausgespannte Fäden zu nehmen.

Der Gebrauch des Mikrometers, oder vielmehr des mit einem Fadenkreuz versehenen Fernrohrs anstatt der Dioptern bei Winkel-Instrumenten, verwickelte **Hooke** in einen heftigen Streit mit unserem Landsmann **Hevel**. Dieser übersandte im J. 1668 ein Exemplar seiner Cometographia an **Hooke** und andere Mitglieder der Royal Society, und in Erwiederung dieser Höflichkeit sandte ihm **Hooke** ein Exemplar seiner *Description of the dioptric Telescop*, worin derselbe den Gebrauch der Fernröhre statt der Dioptern an Winkel-Instrumenten sehr empfahl.

Hevel, schon damals ein alter Mann, wollte von dieser Neuerung nichts wissen und erwiederte, dafs er mit Dioptern ebenso gut wie **Hooke** mit einem Fernrohr beobachten würde. Im J. 1673 veröffentlichte er den ersten Theil seiner Machina coelestis etc., worin er alle seine bisher gebrauchten astronomischen Instrumente beschrieb. Er sandte davon mehrere Exemplare an die Mitglieder der Royal Society, überging aber, ob absichtlich oder zufällig ist mir nicht bekannt, **Hooke**. Das nahm dieser nun entsetzlich übel; in einem äufserst leidenschaftlichen Tone schrieb er 1674 seine *Animadversions to the first part of the Machina coelestis*, welche seine eigenen Landsleute arrogant nennen.

Hevel fühlte sich dadurch natürlich sehr beleidigt und schrieb an die Royal Society, sie möge die Sache durch eins ihrer Mitglieder untersuchen lassen. Die Royal Society ging darauf ein und übertrug dem berühmten Astronomen

Halley die Prüfung. Demgemäfs reiste derselbe nach Danzig, wo er den 26. Mai 1679 ankam, versehen mit **Hooke**'schen Instrumenten. Die Prüfung wurde sogleich vorgenommen und dauerte bis zum 18. Juli. **Halley** beobachtete mit **Hooke**'s Instrumenten und **Hevel** mit den seinigen dieselben Gegenstände. Und siehe da, der Vergleich fiel aufserordentlich vortheilhaft zu Gunsten unseres Landsmannes aus, **Halley** erklärte, was er früher nicht geglaubt, das müsse er jetzt vollständig zugeben: **Hevel** beobachte mit blofsem Auge und Dioptern ebenso gut, wie er mit seinem Fernrohr [1]) (§ 196).

Es ist dies ein Beweis eben so wohl von der grofsen Geschicklichkeit und dem guten Auge unseres Landsmannes, als andererseits von der Unvollkommenheit der damaligen Instrumente, denn mit den heutigen möchte wohl das beste und geübteste Auge den Wettkampf nicht bestehen.

240. **Hooke** beschäftigte sich viel mit dem Schleifen von Glaslinsen und mit der Konstruktion von Fernröhren. Er kam darüber in Streit mit **Auzout**, der ebenfalls die Fernröhre zu vervollkommnen suchte, und unter Anderm ein Objektivglas von 600 Fufs Brennweite dargestellt hatte, es aber aus Mangel an einer schicklichen Vorrichtung nicht aufstellen konnte. Bei Objektiven von so ungeheurer Brennweite war natürlich die Länge des Rohres ein grofses Hindernifs, man suchte daher den Gebrauch des Rohres zu umgehen, indem man die Linsen, Objektive und Okulare frei in der Luft aufhing. Man schreibt die Erfindung gewöhnlich **Huyghens** zu, der sie 1684 beschrieb, **Hooke** behauptet indefs, er habe sie schon früher gemacht. Sie ist jedenfalls von keinem Belang und heutigen Tages ganz ohne Werth, da man stark vergröfsernde Fernröhre konstruiren kann, ohne ihnen eine so unmäfsige Länge zu geben.

Wichtiger oder wenigstens interessanter ist eine andere Erfindung **Hooke**'s, nämlich die eines eigenthümlichen Blend-

[1]) Brewster, Edinburgh Encyclopaedia XI, 48. 49.

glases. Das Blendglas ist, um Sonnenbeobachtungen zu machen, eine ganz nothwendige Zugabe zum Fernrohr, da das Auge den blendenden Glanz der Sonne unmöglich ertragen kann. In der ersten Zeit nach Erfindung der Fernröhre bediente man sich des natürlichen Blendglases, welches eine schwache vor der Sonne vorüberziehende Wolke darbietet, so **Fabricius**. Später kam man darauf ein berufstes oder dunkel gefärbtes Glas vorzusetzen; beides wandte **Scheiner** an.

Alle diese Blendgläser beruhten auf Absorption des Lichts. **Hooke** kam nun auf den Einfall das Sonnenlicht durch das Mittel zu schwächen, welches die Reflexion darbietet. Sein Blendglas besteht aus zwei Planspiegeln, zwischen welchen er das Sonnenlicht so oft reflektiren läfst, bis es einen für das Auge ertragbaren Grad von Schwäche erlangt hat. Ein solches Blendglas zeigte er am 28. Juni 1675 in der Roy. Society vor. Man kann grade nicht sagen, dafs es besser war als das, welches aus einem farbigen Glase besteht, und welches man schon seiner Einfachheit wegen noch jetzt allgemein anwendet; allein es beruht auf einem bis dahin noch nicht benutzten Princip und hat vor jenem den Vorzug, dafs es das Licht schwächt ohne es zu färben, ein Zweck, den man neuerdings durch Anwendung der sogenannten Polarisation noch vollständiger erreicht hat.

Erfindung der Spiegelteleskope.

241. **Hooke** hat auch einige Verdienste um das Spiegelteleskop, zu welchem **Zucchi** die erste rohe Idee im J. 1616 gab (§ 77). Dann verfiel **Mersenne** (§ 148) auf sie und bildete sie weiter aus, ohne sie jedoch zur Ausführung zu bringen, da **Descartes** sie ihm als unpraktisch vorstellte. Der erste, der sie nachdem wieder aufnahm und vervollkommnete war **James Gregory**, ein ausgezeichneter Mathematiker und Astronom, geb. 1638 zu Aberdeen in Schottland und gest. 1675 zu Edinburgh im noch nicht vollendeten 37. Lebensjahre, nachdem er wenige Tage zuvor plötzlich erblindete.

Seinen Vorschlag zum Spiegelteleskop machte er im J. 1663 in seiner *Optica promota* bekannt, hatte denselben aber schon 1661 erdacht. Er hoffte mit diesem Instrument die Fehler der sogenannten sphärischen Aberration bei den dioptrischen Fernröhren zu beseitigen, denn die andere Fehlerquelle der Fernröhre, die chromatische Aberration kannte er noch nicht. Demgemäſs schlug er vor im Grunde eines am einen Ende offenen Rohres *N* Fig. 29 einen parabolischen Metallspiegel *a* anzubringen, und die von diesem reflectirten Strahlen mit einem kleinen elliptischen Spiegel *b* aufzufangen, dessen Brennpunkt ein wenig auſserhalb der Brennweite des parabolischen liegt. Bei dieser Einrichtung wird von dem gröſseren Spiegel ein verkehrtes Bild *c* des fernen Gegenstandes noch auſserhalb der Brennweite des elliptischen erzeugt, der dasselbe dann in aufrechter Stellung und vergröſsert gegen die Mitte des parabolischen Spiegels zurückwirft. Letzterer hat im Mittelpunkt eine Oeffnung, durch welche die zu dem aufrechten Bilde *d* sich vereinigenden Strahlen hindurchtreten, welches nun mit einem Augenglase *e* betrachtet wird. Da die Entfernung des Gegenstandes Einfluſs auf den Ort des verkehrten Bildes hat, so ist der elliptische Spiegel beweglich, und muſs zur Gewinnung eines scharfen aufrechten Bildes nach Bedürfniſs mittelst der Stange *f* verschoben werden.

Fig. 29.

Jm J. 1664 oder 65 kam **Gregory** nach London um seine Ideen von einem optischen Künstler ausführen zu lassen; allein obwohl ihm einer der renommirtesten empfohlen ward, so scheiterten doch alle Bemühungen, und das Teleskop trat nicht ins Leben. Miſsmüthig darüber verlieſs **Gregory** sein Vaterland und ging nach Italien, wo er sich einige Jahre in Padua niederlieſs, und daselbst ein Werk über die Quadratur des Kreises und der Hyperbel schrieb, das ihn in eine lebhafte Diskussion mit **Huyghens** verwickelte. Ums J. 1668 kehrte er nach England zurück,

ward Mitglied der Royal Society, später Professor der Mathematik in Edinburgh, und gab noch verschiedene für ihre Zeit werthvolle mathematische Schriften heraus.

Bemerkenswerth ist noch, dafs **Gregory** in der erwähnten Optica promota von 1663 den Vorschlag machte, den Vorübergang der Venus oder des Merkurs vor der Sonne als ein Mittel zu benutzen die Parallaxe der Sonne, d. h. die Entfernung der Erde von der Sonne zu bestimmen. Man schreibt diese Idee in der Regel **Gregory**'s Zeitgenossen **Halley** zu, und in einiger Hinsicht nicht mit Unrecht. **Halley** kam auf diese Idee, als er 1677 den Vorübergang des Merkurs auf St. Helena beobachtete. Er sprach sie 1691 öffentlich aus, und entwickelte sie später 1716 in einer besonderen Schrift, um die Astronomen zu veranlassen den Vorübergang der Venus am 6. Juni 1761, den er selbst wegen seines vorgerückten Alters (er lebte von 1656 bis 1742) nicht mehr zu erleben hoffen konnte, zu dieser Bestimmung zu benutzen. Das ist denn auch wirklich geschehen, und wir haben durch diesen Vorübergang und besonders den folgenden im J. 1769 zuerst die Entfernung unseres Planeten von der Sonne kennen gelernt.

Noch heute beruht unsere ganze Kenntnifs von dieser Entfernung auf den Beobachtungen von 1761 und 1769 und den genauen Berechnungen, welchen neuerdings Prof. Encke sie unterworfen hat. *Mögen die sterblichen Menschen*, sagt **Halley** in seiner Schrift von 1716, *nachdem sie die Räume des Sonnensystems ausgemessen haben werden, sich dann auch erinnern, dafs es ein Engländer war, der zuerst auf diese glückliche Idee gekommen ist!* — Nun man wird **Halley** nicht vergessen, da er diese Idee ebenso gewifs aus sich schöpfte, als er ihr den Eingang in die Wissenschaft sicherte, aber man darf doch nicht verschweigen, dafs **James Gregory** es war, der sie zuerst aussprach.

Man mufs übrigens diesen **James Gregory** nicht verwechseln mit **David Gregory**, ebenfalls einen verdienst-

vollen Mathematiker und Astronomen, der sich nicht allein durch verschiedene mathematische Werke einen ehrenvollen Ruf erwarb, sondern auch um die Verbreitung der Lehren **Newton's** in England besondere Anerkennung verdient. Er war Neffe von **James**, wie dieser geboren in Aberdeen, aber erst 1661, und starb 1710 zu Maidenhead in Berkshire, nachdem er lange Jahre Professor in Oxford gewesen. Sein berühmtestes Werk ist: *Astronomiae physicae et geometriae elementa, Oxf. 1702*, ganz basirt auf **Newton**'schem Princip. Ein anderes: *Catoptricae et dioptricae sphaericae elementa, Oxf. 1695*, ist bemerkenswerth wegen einer darin enthaltenen Anticipation der wichtigen Erfindung der Achromasie. Er sagt nämlich darin: Es würde vielleicht nützlich sein das Objektiv eines Fernrohrs aus verschiedenen Medien zusammen zu setzen, wie wir es bei dem Auge von der Natur gethan sehen, die niemals eine Sache umsonst unternimmt.

Funfzig Jahre später sprach unser **Euler** die Idee aus, es möchten wohl die verschiedenen brechenden Flüssigkeiten des Auges den Zweck haben, die Farbenzerstreuung in diesem Organe aufzuheben[1]), und die Abhandlung, worin er diese Idee durch Rechnung weiter entwickelte, gab dem englischen Künstler **Dollond** Veranlassung 10 Jahre später die Achromasie wirklich zu entdecken.[2]) Man würde indeſs **David Gregory** zuviel Ehre anthun, wenn man jenes Ausspruchs wegen ihm schon diese Entdeckung zuschreiben wollte, wie es wirklich einige seiner Biographen gethan haben; denn jene Entdeckung ist ohne Kenntniſs der Verschiedenheit der Dispersion in verschiedenen Medien nicht zu machen, und diese Verschiedenheit kannte **D. Gregory** noch nicht. Aber sein Gedanke war in der That ein glücklicher, und es ist zu bewundern, daſs er so lange unbeachtet bleiben konnte.

Was nun **Hooke** betrifft, so griff er die von **James Gregory** vorgeschlagene Konstruktion eines Spiegelteleskops

[1]) Mém. de Berlin 1747, p. 274.

[2]) Philosoph. Transact. 1757, Vol. L, pt. II, p. 733.

auf, und stellte danach ein Instrument dar, das er am 5. Februar 1674 in der Roy. Society vorzeigte. Es ist das erste wirklich dargestellte Spiegelteleskop mit durchbohrtem Spiegel. Ob er indeſs auch in der Krümmung der Spiegel die Ideen **Gregory**'s ausführte, kann ich nicht sagen. Die Beschreibung und Abbildung, die von diesem **Hooke**'schen Instrument auf uns gekommen sind, sagen darüber nichts.[1] Man sieht daraus nur, daſs in der Durchbohrung des Spiegels kein Fernrohr, sondern nur eine Linse befindlich war.

242. Während **Hooke**, wenigstens was die Durchbohrung des groſsen Spiegels betrifft, sich an **Gregory**'s Vorschriften hielt, waren einerseits **Newton** in England und **Cassegrain** in Frankreich bemüht, ebenfalls durch **Gregory**'s Werk dazu veranlaſst, Reflexions-Teleskope darzustellen.

Newton griff zum Spiegelteleskop, weil er befangen in dem Irrthum, daſs die Dispersion bei allen Körpern gleich sei, es für unmöglich hielt, aus einem dioptrischen Fernrohr alle falschen Farben zu entfernen, und demnach dieses Instrument zu gröſserer Vollkommenheit zu bringen. Da er die Schwierigkeit einsah parabolische und elliptische Spiegel darzustellen, so beschränkte er sich auf sphärische. Das erste, welches er verfertigte, und zwar mit eigener Hand schon im J. 1668, hatte einen metallenen Auffangespiegel, war 6 Zoll lang, hielt 1 Zoll im Durchmesser, und vergröſserte etwa 30—40 mal. Es leistete so viel wie ein sechsfüſsiges Fernrohr damaliger Zeit, und hatte in der Mitte des Spiegels keine Durchbohrung, sondern zur Seite des Rohres eine solche, in welcher eine plankonvexe Linse saſs.[2]) Die von dem groſsen Spiegel reflektirten Strahlen wurden auf einen kleinen ebenen Spiegel geworfen, der so gestellt war, daſs er die empfangenen Strahlen nach der Linse in der Seitenwand lenkte. Die Spiegelmasse hatte er selbst aus Kupfer, Arsenik und Zinn zusammen ge-

---

[1]) Philosoph. experiments published by **W. Derham** 1726, p. 269.

[2]) Vergl. Brewster, Leben **Newton**'s p. 21.

schmolzen. Er versuchte auch Kupfer und Zinn mit etwas Silber, fand diese Masse aber zu weich, nicht gut polirbar. Späterhin konstruirte er ein zweites, wenig gröſseres Exemplar, dessen er sich einige Jahre in Cambridge, wo er damals lebte, zu seinen Beobachtungen bediente.

Die Royal Society in London erfuhr von diesem Instrument, und bat es ihr zur Ansicht zu schicken. Das geschah auch und wurde es am 11. Januar 1672 zur Prüfung in der Gesellschaft vorgelegt, wo es auſserordentlichen Beifall fand. Es wird noch in der Bibliothek der Roy. Soc. aufbewahrt und führt die Inschrift: *Invented by Sir Isaac Newton and made with his own hands 1671.* Zur Zeit der Uebersendung dieses Instruments, das auch nur kleine Dimensionen hatte, war **Newton** noch nicht Mitglied der Roy. Society, man ging aber damit um ihn zu wählen, und er sah bescheidenerweise dies Teleskop als Gegenstand der Empfehlung für sich an (§ 275). In den Philosoph. Transact. von 1672 ist eine Abbildung und Beschreibung dieses zweiten Teleskops enthalten, desgleichen eine Abbildung auf Taf. I. in dem Leben **Newton**'s von **Brewster**.

Auſser den beiden Instrumenten scheint **Newton** selbst keine dargestellt zu haben. Später 1678 verband er sich indeſs mit einem londoner Künstler, um ein vierfüſsiges Teleskop mit 150facher Vergröſserung nach seinem Princip anzufertigen. Bei diesem sollte der gröſsere Metallspiegel durch einen belegten Glasspiegel und der kleinere durch ein Glasprisma ersetzt werden; allein der Versuch scheiterte daran, daſs man sich kein genügend reines Glas zu verschaffen wuſste.

243. Kurz nachdem **Newton**'s Instrument in den Philosoph. Transact. beschrieben worden war, trat noch im J. 1672 der Franzose **Cassegrain** zu Paris im Journal des savants mit der Beschreibung eines Spiegelteleskopes auf, welches er seiner Angabe nach schon vor **Newton** erfunden haben will, und das besser als des Letzteren sein soll. Was die erste Behauptung betrifft, so kann sie wohl nicht anderweitig unterstützt werden, aber in der zweiten hat

Cassegrain Recht, und er verdient nicht die Vorwürfe, welche mehrere Schriftsteller des XVIII. Jahrhunderts ihm gemacht haben. Sein Teleskop enthält einen metallenen Hohlspiegel, der in der Mitte durchbohrt ist. Die von ihm reflektirten Strahlen fallen auf einen kleineren konvexen Spiegel, und werden von diesem nach der Oeffnung im gröfseren Spiegel zurückgeworfen, wo sich ein Augenglas befindet. Beide Spiegel sind sphärisch.

Wenn man in dem Gregory'schen Teleskop die Spiegel auch von sphärischer Gestalt annimmt, so weicht das Cassegrain'sche nur darin von ihm ab, dafs der kleinere Spiegel konvex statt konkav ist. Dies scheint nur eine unbedeutende Abänderung zu sein, ist aber in der That eine wesentliche Verbesserung, wesentlicher als es **Cassegrain** selber glaubte, der vermuthlich nicht durch klare theoretische Gründe darauf gekommen ist. Denn: 1) wird das Teleskop um die doppelte Brennweite des kleineren Spiegels kürzer als das Gregory'sche, so dafs es bei gleicher Länge stärker als dieses vergröfsert; bei einer Brennweite von $15\frac{1}{2}$ Zoll z. B. würde **Gregory**'s Instrument 86 mal, **Cassegrain**'s dagegen 93 mal vergröfsern; 2) wird, da beide Spiegel entgegengesetzte Krümmungen einander zuwenden, ein grofser Theil der sphärischen Aberration aufgehoben, und 3) endlich durchschneiden die Strahlen, ehe sie ins Auge gelangen, einander nicht in einem Brennpunkt. Dadurch wird einem Lichtverlust vorgebeugt, der immer bei einer solchen Durchschneidung stattfindet, selbst im vollkommensten achromatischen Fernrohr, wie **Brewster** zuerst nachgewiesen und später Kapitän **Kater** auch an Spiegelteleskopen gezeigt hat.[1])

Diese Vortheile des Cassegrain'schen Teleskops wurden von den Zeitgenossen nicht eingesehen, im Gegentheil gab man fast das ganze XVIII. Jahrhundert hindurch dem

[1]) Brewster, Edinb. Encyclop. X art. Gregory; Philos. Transact. 1813 und 1814.

Gregory'schen Teleskop den Vorzug, sowohl vor dem von **Cassegrain** wie dem von **Newton**.[1])

Alle die von **Hooke**, **Newton** und **Cassegrain** verfertigten Spiegelteleskope waren nur von kleinen Dimensionen und leisteten der Wissenschaft keinen anderen Dienst, als daſs sie den Weg zeigten, welchen man zu verfolgen habe, um zu gröſseren Wirkungen zu gelangen. Erst 50 Jahre später wurden die fast vergessenen Spiegelteleskope wieder ins Leben gerufen, und zwar durch **John Hadley**. Derselbe überreichte der Roy. Soc. im J. 1723 ein Spiegelteleskop von 6 Fuſs Länge, das einen Spiegel von $62\frac{5}{8}$ Zoll Brennweite enthielt, und ebenso viel leistete als ein Huyghens'-sches Fernrohr von 123 Fuſs Brennweite. Dieses erste gröſsere Teleskop baute **Hadley** nach Newton'schem Princip, da er aber manche Unbequemlichkeit daran fand, so ging er 1726 zu dem Gregory'schen mit durchbohrtem Spiegel über.

Dieser **John Hadley** ist derselbe, der einige Jahre später die für die Schifffahrt so wichtige Erfindung der Spiegelsextanten machte. Ein solches Instrument, eigentlich ein Spiegel-Oktant, legte er der Roy. Soc. am 13. Mai 1731 vor. Ueber das Leben dieses verdienstvollen Mannes wissen wir wenig, und nur, daſs er sich mehrfach mit nautischen Problemen beschäftigte, mit dem Astronomen **Halley** in fleiſsigem Verkehr stand, und 1744 starb.

Um nach dieser Exkursion wieder auf **Hooke** zurückzukommen, muſs ich erwähnen, daſs er sich nicht damit begnügte Fernröhre und Teleskope zu konstruiren, sondern auch mit ersteren wenigstens den Himmel fleiſsig durchmusterte, und einige wichtige Thatsachen der physischen Astronomie ebenso früh und zum Theil früher beobachtete, als es auf dem Kontinent von dem berühmten **Cassini** geschah.

---

[1]) Brewster, Optics p. 639.

Cassini.

244. **Giovanni Domenico Cassini** war geboren 1625 zu Perinaldo in der Grafschaft Nizza, und stammte aus einer Patricierfamilie in Siena, die seit den Zeiten des Kardinals Cassini, 1426, zu den angesehensten daselbst gezählt wurde. Er erhielt seine Ausbildung im Jesuiten-Kollegium zu Genua, und entwickelte bald solche Kenntnisse in allen mathematischen Wissenschaften, dafs der Senat von Bologna ihm im J. 1650, wo er noch nicht mehr als 25 Jahr alt war, die durch **Cavalieri's** Tod erledigte Professur der Astronomie übertrug.

Im J. 1653 veröffentlichte er seine ersten Beobachtungen, die er in Gemeinschaft mit dem Marchese **Malvasia** angestellt hatte. Sie betrafen den Kometen von 1652 und 53 und hatten namentlich den Zweck zu zeigen, dafs diese Himmelskörper nicht, wie noch damals ziemlich allgemein geglaubt wurde, meteorischer Natur seien. Zwei Jahre darauf erhielt er den Auftrag, den 1575 von **Egnazio Dante** in den Fufsboden der Kirche des heiligen Petronius zu Bologna gelegten Meridian zu rektificiren, und diese Arbeit, die er nach den besten Beobachtungen ausführte, erwarb ihm zu einer Zeit, wo man auf Mittagslinien noch einen grofsen Werth legte und legen mufste, da man noch kein anderes Mittel zur Auffindung des Mittags kannte, einen grofsen Ruf unter den Zeitgenossen. Genannter Meridian wurde übrigens von ihm noch einmal 1695 revidirt.

In welchem Ansehen **Cassini** stand, läfst sich daraus abnehmen, dafs er 1657 vom Papst Alexander VII. nach Rom berufen wurde um Zwistigkeiten auszugleichen, die wegen Ueberschwemmungen des Po-Flusses zwischen den Städten Bologna und Ferrara ausgebrochen waren; dafs er in ähnlicher Weise zum Mitglied einer Kommission ernannt wurde, welche die durch die Ueberschwemmungen des Chiana-Flusses zwischen der päpstlichen und der florentiner Regierung entstandenen Differenzen beseitigen

sollte, und bei welcher, wie ich früher erwähnte, ihm von florentiner Seite **Viviani** beigegeben war (§ 162). Im J. 1663 ernannte ihn Mario Chigi, der Bruder des Papstes, zum General-Inspektor der Befestigungen des Schlosses von Urbino.

Beobachtungen und Tafeln über die Jupitertrabanten, welche **Cassini** herausgegeben hatte und **Picard** in die Hände gefallen waren, brachten diesem eine solche Meinung von ihm bei, dafs derselbe den Minister Colbert anging, **Cassini** nach Frankreich zu berufen. Das geschah auch und **Cassini**, obwohl anfangs wenig geneigt dem Rufe zu folgen, kam im J. 1669 nach Paris. Er wurde zum Mitglied der Akademie und königl. Astronomen ernannt; im September 1671 eröffnete er an der neu erbauten Sternwarte sein Amt, und stand demselben 41 Jahre mit einer unglaublichen Thätigkeit vor.

In seinem Vaterlande hatte er bereits 18 verschiedene Schriften astronomischen Inhalts, theils in italienischer, theils in lateinischer Sprache, herausgegeben. Von der Zeit an, da er sich in Paris niederliefs, publicirte er in den Denkschriften der Akademie nicht weniger als 176 Abhandlungen, von denen 165 astronomischen und 11 physikalischen Inhalts waren. Aufserdem verfafste er noch 6 besondere Werke und hinterliefs 3 unvollendet, unter welchen eine Cosmographie in italienischen Versen. Am Ende dieser langen und rühmlichen Lebensbahn verlor er das Gesicht, und verschied zuletzt ohne alle Krankheit am 14. September 1712 in dem hohen Alter von 87 Jahren. Durch ihn ist Frankreich noch mit drei ausgezeichneten Astronomen bereichert worden; diese sind:

1) **Jacques Cassini**, der jüngste Sohn von Domenico, geb. zu Paris 1677 und gest. 1756, von dem später noch ausführlicher die Rede sein wird (§ 314); ebenso von

2) **César François Cassini de Thury**, Sohn von Jacques, also Enkel von Domenico, geb. zu Paris 1714 und gest. 1784.

3) **Jacques Dominique Cassini**, Graf von Thury, geb. 1748 zu Paris, gest. 1845 in einem Alter von 97 Jahren. Er war der Sohn des Vorigen, und wie dieser Mitglied der Akademie zu Paris und Direktor der dortigen Sternwarte bis zum J. 1793.

Von den zahlreichen Arbeiten und Entdeckungen **Dom. Cassini's** will ich hier nur ein Paar die physische Astronomie betreffende aufzählen. Zunächst hat er von den acht Saturnmonden, die wir jetzt kennen, vier entdeckt, die er Ludwig XIV. zu Ehren Sidera Ludovicea nannte. Es sind nämlich entdeckt vom Hauptplaneten ab gerechnet:

No. 1,	entdeckt	28. Aug. 1789	von	**Herschel.**
- 2,	-	17. Sept. 1789	-	**Herschel.**
- 3,	-	- März 1684	-	**Cassini.**
- 4,	-	- März 1684	-	**Cassini.**
- 5,	-	23. Dec. 1672	-	**Cassini.**
- 6,	-	25. März 1655	-	**Huyghens.**
- 7,	-	16. Sept. 1848	-	**Bond** (**Lassel** 18. Sept. 48).
- 8,	-	5. Okt. 1671	-	**Cassini.**

Huyghens, **Derham** und Andere bezweifelten lange die Existenz von No. 3 und 4, bis es am Ende **Pound** im J. 1718 gelang, alle fünf von No. 3 bis No. 8 (ausschliefslich No. 7) mit einem Fernrohr von 123 Fufs (§ 265) zu beobachten, und von der Zeit an hielt man ihr Dasein eigentlich erst für bewiesen. No. 3 und 4 wurden entdeckt mit einem Fernrohr von 136 Fufs, und No. 5 mit einem von 35 und 70 Fufs Brennweite.

Ferner verdankt man **Cassini** mehrere Beobachtungen über die Axendrehung einiger Planeten, und diese Beobachtungen sind es, bei welchen **Hooke** zum Theil mit **Cassini** zusammentrifft. Auf dem Jupiter entdeckte **Hooke** Flecken, und in Folge dessen die Rotation am 9. Mai 1664. **Cassini** machte diese Entdeckung wahrscheinlich ebenso früh, und beschrieb sie in *Lettere astron. al Sign. O. Falconieri sopra la varietà delle macchie osservate in Giove e loro diurne revoluzioni, Bologna 1665*. Er bestimmte die Zeit der Axendrehung = $9^h\ 56'$. — Am Mars machte die ähnliche Beob-

achtung **Cassini** am 6. Februar 1666, und **Hooke** nur wenige Wochen später, am 3. März 1666. **Cassini** fand die Umdrehungszeit 24^h 48'. — An der Venus endlich **Cassini** am 14. Oktober 1666 und genauer am 28. April 1667. — Endlich hat **Cassini** das grofse Verdienst, die räumlichen Verhältnisse des Zodiakallichts zuerst ergründet zu haben, und die Beobachtungen, welche er darüber vom März 1683 bis zum Jahre 1688 anstellte, enthalten so ziemlich alles, was wir gegenwärtig über dieses wichtige Phänomen wissen. Die erste Nachricht vom Zodiakallicht rührt übrigens von **Childrey** her, welcher in seiner *Britannia Baconica* vom J. 1661 eine deutliche Beschreibung der Erscheinung giebt [1]).

Mikroskop.

245. In gleicher Gestalt, wie **Hooke** das dioptrische und katoptrische Teleskop zu verbessern und zu benutzen suchte, war auch das Mikroskop ein Gegenstand seiner eifrigsten Forschung. Den Beweis dafür liefert seine *Micrographia or philosophical description of minute bodies, London 1665*, eins seiner berühmtesten und auch ersten Werke. Es enthält die Resultate einer grofsen Anzahl mikroskopischer Beobachtungen, welche **Hooke** durch eigenhändig in Kupfer gestochene Abbildungen veranschaulichte. Es sind wohl die ersten genaueren und umfassenderen mikroskopischen Beobachtungen, die wir überhaupt jetzt besitzen, denn von **Torricelli's** und anderer italienischen Physiker Beobachtungen ist nichts auf uns gekommen, wenigstens nicht bekannt, und zur Zeit, da die Micrographie erschien, war **Hooke's** berühmter Nebenbuhler auf diesem Felde, der Holländer **Leeuwenhoek**, noch nicht öffentlich aufgetreten.

Anton van Leeuwenhoek, dieser durch seine mikroskopischen Entdeckungen so gefeierte Naturforscher, war geboren 1632 zu Delft in Holland, welche Stadt auch Delph genannt wird, was Veranlassung gab, dafs **Leeuwenhoek** wegen der vielen bis dahin unerhörten Dinge, die er kennen

---

[1]) v. Humboldt, Kosmos I, 409.

lehrte, mit dem Namen des delphischen Orakels belegt ward. Er starb 1723 in seiner Vaterstadt, wo sein Gedächtnifs durch ein prachtvolles Denkmal in der Hauptkirche erhalten ist. Seine erste Abhandlung in den Philosophical Transactions datirt vom J. 1673; seine sämmtlichen Werke, die 4 Bände füllen, erschienen erst holländisch, dann zwischen 1695 und 1719 lateinisch: *Arcana naturae ope microscopiorum detecta*, und sind neu edirt zuletzt 1722 in Leyden erschienen.

Leeuwenhoek beobachtete, und das ist sehr bemerkenswerth, nur mit einfachen bikonvexen Linsen, die er selbst mit grofser Geduld und Geschicklichkeit anfertigte, und von denen er bei seinem Tode 26 der besten der Royal Society als Vermächtnifs hinterliefs. Es hat sich durch spätere Untersuchung der Linsen ergeben, dafs sie keine stärkere Vergröfserung gewährten als eine 160fache, so dafs man die vielen Entdeckungen, welche **Leeuwenhoek** damit machte, mehr seinem guten Auge und seiner grofsen Geschicklichkeit als der Kraft seiner Gläser zuschreiben mufs. Auch **Hooke** bediente sich häufig der einfachen Linsen, die er zum Theil, wie kurz darauf der holländische Physiker **Nikolaus Hartsoeker** (1656—1725), vor der Lampe aus Glas schmolz, ein Verfahren, welches schon früher von **Torricelli** erfunden worden war.

Hooke's fernere Leistungen.

246. Zu den ferneren Leistungen **Hooke's** im Gebiet der instrumentalen Optik gehört: Eine Art Laterna magica, freilich noch keine tragbare, doch nicht allein mit Sonnen-, sondern mit Lampenlicht, also mehr als **Porta's** Laterna magica. **Hooke** beschreibt sie in den Philosoph. Transact. von 1668, doch war schon 1665 eine vollständig vorhanden. Ferner legte **Hooke** der Royal Society 1694 eine Camera obscura vor. Endlich gehört hierher noch sein Telegraph, den er am 21. Mai 1684 der Royal Society vorzeigte und in den Philosoph. Transact. von 1694 beschrieb. **Hooke** hat den vollsten Anspruch als Erfinder

des Telegraphen angesehen zu werden, denn sein Instrument ist älter als das von **Amontons**, der 1702 damit hervortrat. **Hooke**'s Telegraph kommt im Wesentlichen mit dem überein, welchen der Franzose **Chappe** erfand, und unter dem Namen Semaphore (Zeichenträger) im J. 1792 dem National-Konvent überreichte; das Instrument von **Hooke** blieb aber wie so viele andere bis auf **Chappe**'s Zeiten vorgeschlagene unausgeführt. **Chappe** hat das Verdienst, oder von den Umständen begünstigt, das Glück seine Erfindung in's Leben eingeführt zu haben, aber auf die Priorität derselben kann er keinen Anspruch machen, und er hatte daher gar keine Ursache sich aus Mifsmuth, weil man ihm die Priorität nicht zuerkennen wollte, 1805 in einen Brunnen zu stürzen und so das Leben zu nehmen. Er war geb. 1763 in der Auvergne.

Von **Hooke**'s Verdiensten um das Thermometer habe ich bereits gesprochen (§ 221). Im J. 1691, wo er der Royal Society die Beschreibung verschiedener Instrumente zur Untersuchung des Meeres in der Tiefe vorlegte, z. B. eines Bathometers oder Tiefenmessers und eines anderen, um Wasser und andere Gegenstände vom Meeresgrunde heraufzuholen, gab er auch eine Art Minimum-Thermometer an, um die niedrige Temperatur in der Tiefe des Meeres zu beobachten [1]), desgleichen ein Verfahren die Taucherglocke mit Luft zu versorgen. Ebenso hat sich **Hooke** viel mit dem Barometer beschäftigt. Am bekanntesten in dieser Hinsicht ist er durch sein sogen. Radbarometer geworden, welches er 1665 in seiner Mikrographie beschrieb. Ferner erfand er ein Meerbarometer, im Wesentlichen ein Luftthermometer von ähnlicher Einrichtung wie das von **Amontons**, der es indefs erst 1705 bekannt machte, während **Hooke** es schon 1700 beschrieben hatte. Er suchte auch das Huyghens'sche Doppelbarometer zu verbessern, indem er auf das Quecksilber in dem kurzen Schenkel nicht eine sondern zwei ver-

[1]) Philosophical experiments p. 225.

schiedene Flüssigkeiten gofs. Auch hierin ist er **Amontons** zuvorgekommen, da er diese Idee schon 1686 der Royal Society mittheilte [1]).

Es hätte nicht viel daran gefehlt und **Hooke** wäre statt **Mariotte** der Begründer des barometrischen Höhenmessens geworden. In seiner Mikrographie von 1665 berechnet er wenigstens die Höhe der Atmosphäre nach dem Boyle'schen Gesetz, in ziemlich ähnlicher Weise wie **Mariotte**, nur dafs er sich die Atmosphäre in Luftsäulen von 35 Fufs Höhe getheilt denkt, diese anfangs überall von gleicher Dichte annimmt und nun berechnet, wie sich diese Luftsäulen von einer zur andern durch die Verminderung des Drucks ausdehnen würden. Er kam dabei zu dem Resultat, dafs die Höhe der Atmosphäre unendlich sei, und da ihm dieses widersinnig erschien, so glaubte er annehmen zu müssen, dafs das Boyle'sche Gesetz falsch sei, was er auch durch eigens angestellte Versuche zu erweisen bemüht war [2]).

Man sieht **Hooke** hatte nicht die Absicht das Barometer zum Höhenmessen zu benutzen, er wollte nur die Gesammthöhe der Atmosphäre kennen lernen, aber der Weg, den er dazu einschlug, ist derselbe, der zur Hypsometrie führt. **Hooke** hat übrigens in seiner Mikrographie die sehr richtige Bemerkung gemacht, dafs man bei trigonometrischen Höhenmessungen die Refraktion nicht vernachlässigen dürfe, was damals noch ziemlich allgemein geschah [3]).

Hooke ist ferner, wenn auch nicht der Erste, doch einer der Ersten, der an das Ombrometer, den Regenmesser, dachte. Er zeigte ein solches Instrument im J. 1670 der Royal Society vor, und zwar war dies kein einfaches Ombrometer, sondern ein Register-Ombrometer, ein Instrument, das die Menge des in dasselbe gefallenen Regens selber anzeigen sollte. Es machte einen Theil seines sogen.

[1]) Philosophical experiments p. 169.
[2]) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 32.
[3]) Ibid. II, 150.

Wetter-Weisers aus, einer Uhr, die mit mehreren meteorologischen Instrumenten verbunden war, um deren Gang aufzuzeichnen. Wer das erste Ombrometer konstruirte ist schwer mit aller Bestimmtheit zu sagen; es ist möglicher Weise **Mariotte**, da er wenigstens Regenbeobachtungen zuerst zur Lösung einer wissenschaftlichen Frage, zu der Frage über den Ursprung der Quellen benutzte (§ 217), aber der Traité du mouvement des eaux, worin er seine Resultate mittheilte, ist erst 1686 nach seinem Tode erschienen. Uebrigens machte auch **Townley** ein Ombrometer bekannt in den Phil. Transact., aber doch erst 1677, also 7 Jahre nach **Hooke**. Es unterschied sich von des Letzteren Instrument dadurch, daſs das Regenwasser darin nicht dem Volumen sondern dem Gewichte nach bestimmt wurde. Es scheint übrigens, als hätten die florentiner Meteorologen zuerst Regenmesser gebraucht.

247. Bisher haben wir meist nur das mechanische Talent von **Hooke** in Betracht gezogen, jetzt wollen wir auch einen Blick auf seine physikalischen Beobachtungen und Entdeckungen werfen; sie sind nicht minder zahlreich als seine instrumentellen Erfindungen, und einige von ihnen sehr wichtig. Von den unbedeutenden will ich nur einige beiläufig erwähnen: über die Glasthränen [1]), Haarröhrchen [2]), Luftwägung [3]), Stärke und specifisches Gewicht des Eises [4]), und Fallversuche zur Ermittelung der Rotation der Erde. Die letzteren stellte er 1679 an um **Newton**'s Schluſs zu prüfen, daſs fallende Kugeln, wenn die Erde rotirt, nach Osten abweichen müſsten. Da die Fallhöhe nur 27 Fuſs betrug, so stellte sich kein entscheidendes Resultat heraus, obgleich **Hooke** eine östliche Abweichung zu bemerken glaubte.

Während **Hooke** bei diesem letzten Versuche gleichsam nur als Handlanger von **Newton** erscheint, hat er fünf

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. I, 293.
[2]) Ibid. I, 311.
[3]) Philosoph. experim. p. 24.
[4]) Ibid. p. 130, 134.

Jahre früher ein kleines Werk herausgegeben, welches ihn in einer Beziehung als Vorläufer dieses grofsen Mannes dokumentirt. Es führt den Titel: *An attempt to prove the motion of the earth, London 1674*. Hierin spricht er Principien aus, die, wenn er sie hätte konsequent durchzuführen verstanden, ihn nothwendig zur Gravitationstheorie geführt haben würden. Namentlich sagt er:

1) Alle Himmelskörper sind nicht blofs gegen ihren eigenen Mittelpunkt schwer, sondern innerhalb ihres Wirkungskreises auch gegen einander.

2) Alle Körper, welche eine einfache und gradlinige Bewegung besitzen, fahren so lange fort sich in dieser graden Linie zu bewegen, bis eine Kraft sie ablenkt, und dann beschreiben sie einen Kreis oder eine Ellipse.

3) Je näher die Himmelskörper einander kommen, desto stärker ziehen sie sich an. Er fügt hinzu, er habe keine Untersuchung darüber angestellt, nach welchem Gesetz die Kraft mit der Annäherung zunehme, aber, sagt er, es könne sehr nützlich werden dies Gesetz zu entdecken. — Gewifs würde es zunächst für **Hooke** selber sehr nützlich gewesen sein, wenn er dies Gesetz entdeckt hätte, denn dann würde man ihn als Entdecker der Gravitationstheorie begrüfsen können; aber das war ihm nicht gegeben, und er blieb wie **Kopernikus**, **Keppler**, **Borelli** auf halbem Wege stehn, obgleich er auf diesem vielleicht ein klein wenig weiter gegangen ist als diese Männer. Uebrigens kann man wohl vermuthen, dafs **Newton**, der nie eine Sache aus den Händen gab, bevor sie nicht völlig reif geworden, um diese Zeit, nämlich 1674, wohl ebenso weit war als **Hooke**, denn wiewohl er bis zu diesem Jahre noch nichts veröffentlicht hatte, so weifs man doch, dafs er die erste Idee zur allgemeinen Gravitation der Himmelskörper schon im J. 1666 fafste.

248. Am bedeutendsten sind **Hooke**'s Verdienste um die Optik, und man mufs es in seinem Interesse beklagen, dafs er die wichtigen Beobachtungen und Entdeckungen, die er hier machte, nicht gehörig verfolgte, sei es nun,

dafs seine vielseitigen Geschäfte ihn daran hinderten, oder dafs, was ebenso glaublich ist, es nun einmal nicht in seiner Natur lag einen Gegenstand mit Ausdauer und Gründlichkeit zu erforschen.

Hierher gehört zunächst die Entdeckung der Farben dünner Blättchen und ihrer Periodicität, sowie die Dicke der Blättchen sich allmählich ändert. Er beobachtete diese Farben zuerst an Glimmerblättchen und beschrieb sie in seiner Mikrographie; dann zeigte er sie am 7. März 1672 in der Royal Society vor, zunächst an Seifenblasen, an denen sie freilich **Boyle** schon 9 Jahre früher beobachtet hatte (§ 209, No. 8). Allein **Hooke** brachte sie auch zwischen zwei Prismen hervor, die er auf einander drückte, und von denen das eine etwas konvex war. Dieser Versuch gab **Newton** Veranlassung den Gegenstand aufzunehmen, wodurch er denn zu der Theorie von den *fits* oder Anwandlungen des Lichts zur leichteren Reflexion und Refraktion geführt wurde.

Zu Anfang des Jahres 1675 legte **Hooke** der königl. Gesellschaft eine Abhandlung über die Lichtbeugung vor, in welcher er Beobachtungen beschreibt, die in der Hauptsache dieselben sind wie die, welche **Grimaldi** in seinem zehn Jahre früher erschienenen Werke bekannt gemacht hat. Man mufs glauben, dafs **Hooke** nichts von **Grimaldi** gewufst habe, indefs, wenn es auch wäre, so ist doch höchst merkwürdig, zu welchem Schlufs **Hooke** durch seine Beobachtungen gelangte. Er kam nämlich durch dieselben wie **Grimaldi** zu dem Schlufs, dafs das Licht in einer wellenartigen Bewegung eines allverbreiteten Mediums bestehen müsse. Es findet sich mancherlei Verworrenes und Unrichtiges in seinen Vorstellungen, aber in einem Punkt hat er im J. 1672 einen Satz ausgesprochen, der für die Lichtlehre von der höchsten Wichtigkeit ist. Er sagt nämlich:

Die Bewegung des Lichts in einem gleichförmigen Medium, in welchem sie erzeugt wird, pflanzt sich fort durch einfache und gleichförmige Impulse oder Wellen,

welche auf der Linie der Fortpflanzungsrichtung rechtwinklig sind.

Bekanntlich ist der letzte Satz erst in neuerer Zeit durch den genialen **Fresnel** wieder ausgesprochen und gleichsam zur Thatsache erhoben, indem er gezeigt hat, daſs man ohne die Annahme rechtwinkliger Lichtschwingungen das Phänomen der Lichtpolarisation nicht erklären könne. Man kann indeſs wohl mit Recht sagen, daſs dieser Satz bei **Hooke** mehr eine glückliche Eingebung als eine aus seinen Beobachtungen hervorgegangene Deduktion war, denn das Phänomen der Diffraktion oder Deflexion, wie **Hooke** es nannte, bedarf dieses Satzes nicht. Es erklärt sich vollkommen, wenn man überhaupt nur eine Wellenbewegung des Lichtes annimmt, die Richtung der Schwingungen in den Wellen ist dabei ganz gleichgültig, und so hat denn auch in neuerer Zeit **Thomas Young**, und in den ersten Jahren selbst **Fresnel**, zur Erklärung der Diffraktion keine anderen Lichtschwingungen angenommen als longitudinale. Aber der Ausspruch von **Hooke** bleibt doch immer merkwürdig, und er hätte wohl verdient von seinem Urheber mehr verfolgt und von den Zeitgenossen besser gewürdigt zu werden, als es in der That geschah. **Hooke** lieſs die Sache liegen und sein genialster Gedanke ging verloren!

Hooke trug in bedeutendem Maſse selbst die Schuld, daſs sein Gedanke unbeachtet blieb; denn statt seine Untersuchungen zu verfolgen und seine Ideen von ihren Schlacken zu reinigen, eröffnete er einen heftigen Krieg gegen **Newton**, der in demselben Jahr 1672 seine Farbentheorie der Royal Society vorgelegt hatte.

Hooke hatte allerdings in dem Grundgedanken von dem Wesen des Lichts das Recht auf seiner Seite, allein, um es gegen einen so überlegenen Gegner wie **Newton** mit Erfolg durchzufechten, hätte er besser gerüstet sein müssen, als er es thatsächlich war. Seine Leidenschaftlichkeit einerseits und das Verworrene und Unrichtige vieler seiner Behauptungen andererseits, waren gewiſs nicht

dazu geeignet den klaren und besonnenen **Newton** zu sich herüber zu ziehen. Wie hätten das z. B. Behauptungen vermocht wie die, dafs es nur zwei Farben gebe, roth und blau, dafs das Rothe der Eindruck einer Erschütterung des Lichts auf die Netzhaut sei, von welcher der stärkere Theil vorangehe, der schwächere folge, das Blau dagegen aus einer Erschütterung entspringe, deren schwächerer Theil vorangehe und deren stärkerer folge!

Der Angriff von **Hooke** und auch Anderen hatte weiter keinen Erfolg, als dafs er **Newton** die Optik verleidete; über 20 Jahre lang konnte er sich nicht entschliefsen das beabsichtigte Werk, von welchem Bruchstücke in einzelnen Abhandlungen erschienen waren, heraus zu geben, und als endlich 1704 die Bitten seiner Freunde über ihn siegten, gab er es in englischer als einer im Auslande wenig bekannten Sprache heraus und bat, man möge es ohne seine Erlaubnifs nicht in eine fremde Sprache übersetzen, was übrigens doch geschehen ist. Vielleicht mag auch zu dieser Zurückhaltung beigetragen haben, dafs **Newton** selbst im Laufe der Zeit, wo das Undulationssystem in **Huyghens** einen kräftigeren Vertheidiger fand als **Hooke** es war, an der Unfehlbarkeit seiner Theorie etwas wankend wurde. Die Fragen im letzten Kapitel seiner Optik machen einen solchen Gedanken nicht ganz unstatthaft. Aber er hielt noch fest an der Emissionstheorie, und verschaffte ihr durch seine andererseits so wohl begründete Autorität auf mehr denn ein volles Jahrhundert die entschiedenste Oberherrschaft über ihre Gegnerin, die Undulationstheorie.

Huyghens.

249. Christian Huyghens, auch **Huygens**, lat. Hugenius, geboren am 14. April 1629 zu Haag, war der Sohn von **Konstantin Huyghens**, Herrn von Zelem und Zülichem, einem begüterten Manne, der sich zugleich als Dichter und als Mathematiker bekannt gemacht hat, und überdies die Stelle eines Kabinetsraths nacheinander bei drei Prinzen aus dem Hause Oranien bekleidete. Durch diesen seinen

Vater bekam unser **Christian Huyghens** den ersten Unterricht, namentlich in der Mathematik, für welche er schon im 13. Lebensjahr eine grofse Neigung, und was in der Regel damit verknüpft zu sein pflegt, ein ausgezeichnetes Talent offenbarte. Bereits im J. 1651, also im 22sten seines Alters, nachdem er auf den Universitäten Leyden und Breda die auf Wunsch seines Vaters ergriffenen Studien der Rechte abgeschlossen, und mit demselben im Gefolge des Grafen Heinrich von Nassau eine Reise nach Deutschland und Dänemark gemacht, legte er eine entschiedene Probe seines Talentes ab, welche zugleich den Beweis lieferte, dafs er neben der Jurisprudenz auch die Mathematik unter **Schooten**, einem Kommentator des **Descartes**, fleifsig kultivirt hatte. Es war die zu grofsem Ruf gelangte Schrift 'Ἐξέτασις *cyclometriae Gregorii a S. Vincentio, Hagae 1647*, die ihm hierzu Gelegenheit gab. Er widerlegte deren Irrthümer aufs Bündigste in der Abhandlung: *Theoremata de quadratura hyperboles, ellipsis et circuli ex dato portionum gravitatis centro, Hag. 1651.*

Dieser Schrift folgten bis zum J. 1658 noch vier andere, gleichfalls mathematischen meist geometrischen Inhalts, und in demselben Jahr veröffentlichte er auch die erste Frucht seiner physikalischen Arbeiten. Auf wenigen Blättern in Quart, die er unter dem Titel *Horologium* den General-Staaten von Holland dedicirte, setzte er seine erste Erfindung, die wichtige Erfindung der Pendeluhren auseinander. Die kleine Schrift war die Vorläuferin einer gröfseren, betitelt *Horologium oscillatorium,* die er 1673 in Paris herausgab, und in welcher er die Lehre vom Pendel und dessen Anwendungen vollständig entwickelte. Ein Jahr nach dem Erscheinen des Horologium, also 1659, publicirte er das nicht minder wichtige Werk: *Systema saturnium*, in welchem er die am Planeten Saturn gemachten Entdeckungen niederlegte.

Durch diese und andere Schriften, die sich ebenso sehr durch Neuheit und Wichtigkeit ihres Inhalts als durch Klarheit und Eleganz der Darstellung auszeichnen, erlangte

Huyghens einen solchen Ruf, daſs er im J. 1663 bei einem Aufenthalt in England zum Mitglied der königl. Gesellschaft in London ernannt wurde. Zwei Jahre darauf 1665 erhielt er durch Colbert den ehrenvollen Antrag in die damals projektirte pariser Akademie der Wissenschaften einzutreten, welcher dieser groſse Minister Ludwig's XIV. durch Berufung mehrerer der ersten Berühmtheiten des Auslandes, wie u. A. auch des Astronomen **Dom. Cassini**, einen erhöhten Glanz zu geben trachtete. Die Bedingungen für **Huyghens** waren so vortheilhaft gestellt, daſs derselbe keinen Anstand nahm dem Rufe zu folgen, und demgemäſs vom J. 1666 an nach formeller Errichtung der Akademie seinen Wohnsitz in Paris aufzuschlagen.

Wahrscheinlich würde **Huyghens** zeitlebens in Paris geblieben sein, wenn nicht im J. 1681 die verhängniſsvolle Aufhebung des Edikts von Nantes erfolgt wäre. **Huyghens** hielt es nun als Reformirter nicht mehr für rathsam unter einer gegen seine Religion so feindseligen Regierung länger zu leben; er verlieſs Paris und kehrte in sein Vaterland zurück. So stellen es Einige dar, Andere behaupten, es sei seine geschwächte Gesundheit gewesen, die ihn zu jener Rückkehr bewogen habe, und sie führen als Stütze dafür an, daſs man **Huyghens** eigens die Versicherung gegeben habe, er für seine Person habe nichts zu fürchten. Ob diese Recht haben, oder ob **Huyghens** den ihm gemachten Versicherungen nicht trauend seine schwächliche Gesundheit nur als Vorwand zu seiner Demission benutzte, muſs dahin gestellt bleiben. Thatsache ist es, daſs er der bevorzugten Stellung, die er 15 Jahre lang unter allgemeiner Achtung bekleidet hatte, gänzlich entsagte, und in seine Heimath zurückkehrte, wo er bis zu seinem Tode als Privatmann im Haag lebte. Er starb am 8. Juni 1695 im 67sten Lebensjahre.

Durch glückliche Vermögensumstände der Sorge für äuſsere Lebensverhältnisse überhoben, war **Huyghens** unablässig mit physikalischen und mathematischen Untersuchungen beschäftigt, und selbst der Tod überraschte ihn

bei der Herausgabe eines Werkes über die Mehrheit der Welten, *Kosmotheoros* genannt. Seine Persönlichkeit entsprach seinem edlen Charakter. Ohne grade zur Melancholie zu neigen, war er von ernstem Wesen und wie meistens tiefe Denker, ein Freund der Zurückgezogenheit und eines kontemplativen Lebens. Selbst in Paris sah man ihn nur wenig in gröfseren Gesellschaften, auch war er, wie seine beiden grofsen Zeitgenossen **Newton** und **Leibnitz**, nie verheirathet.

Fast ein halbes Jahrhundert für die Wissenschaft thätig hat uns **Huyghens**, trotz einer sehr ausgebreiteten Korrespondenz und vielfältiger Reisen, mit einer bedeutenden Anzahl kleinerer und gröfserer Werke beschenkt, die alle das Gepräge seines eminenten Geistes an der Stirne tragen, und von denen einige ihrem Urheber für alle Zeiten den Namen eines Physikers ersten Ranges sichern. **Summus Hugenius** nennt ihn **Newton** mehr als einmal, damit gleichsam die Anerkennung der Ebenbürtigkeit seines Geistes aussprechend.

Die Werke des grofsen Mannes erschienen theils bei seinen Lebzeiten vereinzelt oder gröfseren Sammlungen einverleibt, wie den Philosphical Transactions, Mémoires de Paris, dem Journal des savants und den Act. Eruditorum. theils erst nach seinem Tode in der vollständigen Ausgabe seiner Werke, die sein Landsmann **s' Gravesande**, Professor der Physik und Mathematik zu Leyden veranstaltete, und von denen 2 Quartbände 1724 als Opera varia, 2 andere 1728 als Opera posthuma et reliqua erschienen. Eine sehr voluminöse Sammlung von Manuskripten und Briefen, die **Huyghens** bei seinem Tode der leydener Bibliothek vermachte, wird noch daselbst verwahrt, und aus ihr sind in neuerer Zeit mehrere sehr schätzbare Dokumente zur Feststellung der Geschichte jener Periode veröffentlicht worden.

Huyghens' Leistungen sind mannichfaltiger Art und erstrecken sich über das Gebiet der reinen Mathematik, der Mechanik, der physikalischen Astronomie und der Optik. Was die rein mathematischen betrifft, die meistens Geo-

metrie, zum Theil auch Wahrscheinlichkeitsrechnung zum Gegenstande haben, so glaube ich sie hier als nicht vor unser Forum gehörig übergehen zu können; aber diejenigen im Gebiet der Mechanik greifen so tief in den Gang der Entwicklung unserer Wissenschaft ein, daſs ich zuvörderst einige Zeit bei ihnen verweilen muſs.

Unter diesen mechanischen Entdeckungen nehmen die in Bezug auf das Pendel eine vorzügliche, und schon der Zeit nach eine der ersten Stellen ein. Sie entsprangen aus einem praktischen Streben, aus dem Bemühen die damals noch sehr unvollkommenen Uhren zu verbessern, welches **Huyghens** zunächst auf die so wichtige Erfindung der Pendeluhren führte. Man hat und selbst noch in ziemlich neuer Zeit **Huyghens** die Ehre dieser Erfindung streitig machen wollen, aber sehr mit Unrecht, wenn gleich nicht geläugnet werden kann, daſs Uhren und Pendel schon vor **Huyghens'** Zeit in Gebrauch waren. Um seine Verdienste in dieser Angelegenheit ins gehörige Licht zu setzen, wird es nicht unzweckmäſsig sein, einen kurzen Rückblick auf die Geschichte der Uhren zu werfen.

Geschichte der Uhren.

250. Das Bedürfniſs der Zeitmessung ist dem Wilden unbekannt, er lebt im eigentlichsten Sinne des Wortes gedankenlos in den Tag hinein; aber mit den ersten Anfängen der Civilisation muſste es sich mit Nothwendigkeit aufdrängen, und gewiſs waren Aufgang, Untergang und höchster Stand der Sonne die ersten Momente, nach welchen er die Geschäfte seines alltäglichen Lebens regelte. Mit dem Erwachen des Sinnes für Astronomie, der sich noch ins graue Alterthum verliert, lernte man schon ein bestimmteres Zeitmaſs kennen; man beobachtete die Länge des Schattens von einem aufrechten Körper, später dann auch die Bewegung dieses Schattens auf dem Boden. So entstanden die Sonnenuhren, die sich schon bei den alten Chaldäern vorfinden, und von diesen nebst der Ein-

theilung des Tages in 12 Stunden den Griechen zugeführt wurden; es soll durch den Chaldäer **Berosus** geschehen sein.

Auf die Sonnenuhren, die übrigens bis ins XVII. Jahrhundert mancherlei Verbesserungen und Abänderungen erfuhren, folgten die Wasseruhren, lat. Clepshydra, von κλέπτω stehlen und ὕδωρ Wasser, welche auch schon bei den alten Chaldäern und Aegyptern vorkommen, und sicher nicht von diesen allein erfunden worden sind, da sie ebenso wohl von Caesar bei den Völkern des alten Britanniens, als später von den Europäern bei den Indern und Chinesen in mehrfacher Gestalt angetroffen wurden. Eine der ältesten Formen war die eines hohlen Kegels, dessen nach unten gerichtete Spitze ein kleines Loch hatte, durch welches sich das im Hohlraum befindliche Wasser in einem Tage entleerte; die Höhe war entsprechend den 12 Stunden in 12 Theile getheilt. Für die längeren Tage ward ein solider Kegel, der an seiner Basis einen senkrecht aufsteigenden Stiel hatte, in den hohlen gesenkt; der Stiel war getheilt und wurde durch ein Gestell gehalten.[1])

Unter den Griechen wurden die Wasseruhren merklich vervollkommnet, besonders durch **Ktesibius** (140 v. Chr.) dem Lehrer **Hero's** von Alexandrien. **Ktesibius** gab ihnen nicht nur verschiedene künstliche oder künstlerische Gestalten, sondern verband mit ihnen auch, wie **Vitruv** bezeugt, ein Räderwerk. Durch ein solches wurden z. B. Steinchen in ein metallenes Becken geworfen und dadurch die Stunden angezeigt. Die Kunst der Anfertigung solcher zusammengesetzten Wasseruhren erhielt sich selbst nach dem Verfall des Griechenthums im Orient. Unter den Geschenken, die der Gesandte des Kalifen Harun al Raschid zu Anfang des IX. Jahrhunderts an Karl den Grofsen überbrachte, befand sich eine astronomische Wasseruhr, bei welcher die Stunden auf eine ähnliche Art durch kupferne Kugeln angegeben wurden (§ 27).

---

[1]) Brewster, Edinb. Encyclop. XI, 408.

Vom Orient wanderte diese Kunst nach dem Occident, wo man sie im XV., XVI. und selbst im XVII. Jahrhundert außerordentlich kultivirte, freilich weniger in Bezug auf den Hauptzweck der richtigen Zeitmessung, als in Bezug auf unnöthige Zuthaten. Man konstruirte Uhren, die außer den Stunden des Tages, das Datum, die Feste des Jahres, den Lauf der Sonne im Thierkreise, die Länge der Tage und Nächte u. s. w. anzeigten. Auf dem Markusplatz in Venedig sah man im XVI. Jahrhundert eine von **Martinelli** verfertigte Wasseruhr, wo Mohren und die heiligen drei Könige die Stunden schlugen, und beim Hervortreten die Jungfrau Maria grüßsten.

Dergleichen Thurmuhren gab es im Mittelalter in mehreren Städten von Italien, Frankreich und England, gleich wie sie noch jetzt in fast jeder chinesischen Stadt angetroffen werden. Die Werke von **Athanasius Kircher**, **Kaspar Schott**, **Harsdörffer** und anderen Schriftstellern des XVII. Jahrhunderts sind voll der Beschreibungen von solchen künstlichen, zum Theil höchst seltsamen Wasseruhren und Wasser-Automaten, während andererseits Männer wie **Galilei**, **Varignon** und **Bernoulli** es nicht verschmähten sich mit der Untersuchung zu beschäftigen, welche Gestalt ein Gefäß haben müsse, damit das Wasser in einer gegebenen Zeit gleichförmig ausfließe.

Neben den Wasseruhren, zu denen in späteren Zeiten noch die Oel- und Quecksilberuhren hinzukamen, welche letzteren namentlich von dem berühmten Astronomen **Tycho Brahe** bei seinen Beobachtungen benutzt wurden, waren auch die Sanduhren in Gebrauch. Diese, obwohl sehr wahrscheinlich jüngeren Ursprungs als die Wasseruhren, waren doch auch schon den Chaldäern bekannt und gingen von ihnen zu den Griechen, wo wir sie namentlich bei **Archimedes** in der Gestalt unseres heutigen Stundenglases antreffen. Die Sanduhren erfreuten sich zwar nie eines so großen Beifalls wie die Wasseruhren, wurden aber doch im Laufe der Zeit immer mehr ver-

feinert, so daſs sie selbst Minuten sollen angegeben haben. Solche Sanduhren sollen, wie uns P. v. **Stetten** in seiner Kunst- Gewerk- und Handwerksgeschichte der Stadt Augsburg erzählt, im XVI. Jahrhundert die Stutzer dieser Stadt am Knie getragen haben. In dem gewerbfleiſsigen Nürnberg bildeten die Sanduhrenmacher eine Gilde, und noch zu **Huyghens'** Zeiten versuchte man die Sanduhr in der Schifffahrt zur Auffindung der Meereslänge zu benutzen.

251. Einen bedeutenden Fortschritt in der Kunst der Zeitmessung bildete der Uebergang von diesen hydraulischen Uhren zu den Räderuhren mit Gewichten. Wer aber diese wichtige Erfindung gemacht, wann und wo sie gemacht worden, das liegt vollständig im Dunkeln. Einige haben in dem zu seiner Zeit berühmten Kunstwerk, welches der erfinderische und gelehrte **Gerbert**, nachmaliger Papst Sylvester II. im J. 996 zu Magdeburg errichtete, eine eigentliche Räderuhr erblicken wollen, allein es giebt hinreichende Gründe, daſs es keine solche war, sondern entweder eine kunstvolle Wasseruhr oder ein Planetarium.

Es läſst sich überhaupt nicht einmal beweisen, daſs die Räderuhren eine europäische Erfindung sind, mancherlei Vermuthungen sprechen dafür, daſs die Saracenen früher im Besitz derselben waren.[1]) So erhielt Kaiser Friedrich II., der Hohenstaufe, im J. 1232 vom Sultan von Aegypten eine vollständige Uhr mit Rädern und Gewichten zum Geschenk, die auſser den Stunden des Tags und der Nacht den Lauf der Sonne, des Mondes, der Planeten und der übrigen Sterne anzeigte.

Die ersten Spuren von Räderuhren kommen im XI. Jahrhundert vor, wenigstens werden Uhren aus dieser Periode häufig mit Ausdrücken erwähnt, die weder auf Sonnenuhren, noch auf Wasseruhren, noch auf Planetarien passen. Sie fanden sich gewöhnlich in Kirchen und Klöstern, und zeigten nicht nur die Stunden, sondern schlugen auch zu gewissen Zeiten an eine Glocke; sie dienten somit als

---

[1]) Libri, Hist. des sc. math. I, 214; II, 218.

Wecker, aus denen dann später eigentliche Schlaguhren wurden. Zu Anfang des XII. Jahrhunderts waren indefs noch nicht alle Klöster mit solchen Uhren versehen. So weifs man, dafs im J. 1108 der Sakristan oder Kirchendiener des Benediktinerklosters Cluny die Verpflichtung hatte des Nachts auf den Stand der Gestirne zu achten, um die Zeit zu erkennen, wann die Mönche zu ihren nächtlichen Gebeten zu wecken wären.

Im XIII. Jahrhundert mehrten sich dergleichen Thurmuhren und zwar mit förmlichen Schlagwerken. Einer der ersten, der ihrer erwähnt, ist der gefeierte Dichter **Dante Alighieri** (1265—1321) im Canto X des Paradieses. Besonders waren sie häufig in Italien, wo namentlich **Jakob** und **Johann Dondi** zu Padua eine grofse Berühmtheit durch Anfertigung solcher Uhren erlangten; **Jakob Dondi** starb 1359, **Johann Dondi** lebte noch 1389. Aber auch in andere Länder fand die neue Erfindung frühzeitig Eingang; 1288 bekam die Westminsterhalle zu London eine Schlaguhr, 1292 die Kirche von Canterbury.

Nach Deutschland kamen die Uhren wahrscheinlich aus Italien, da sie anfangs alle die Tageseintheilung der Italiener in 24 Stunden von Untergang bis Untergang der Sonne hatten, wobei natürlich die Stunden im Lauf des Jahres ungleich waren. In Breslau wurde erst 1580 diese Eintheilung abgeschafft, und dafür die sogenannte halbe Uhr von 1 bis 12 eingeführt. In Deutschland machte übrigens die Uhrmacherkunst im XIV. Jahrhundert bedeutende Fortschritte. Das beweist nicht allein der Umstand, dafs vom J. 1368 bis 1395 die Städte Breslau, Strafsburg, Speier und Augsburg Thurmuhren bekamen, sondern vorzüglich die Thatsache, dafs König Karl V. von Frankreich einen Deutschen **Heinrich** v. **Wick**, auch **Wyck** oder **Vic**, im J. 1364 nach Paris kommen liefs, um dort auf dem Thurm seines Palastes eine Schlaguhr zu errichten, wofür er ihm freie Wohnung und täglich das bedeutende Gehalt von 6 Sous bewilligte (§ 237). Diese Uhr existirte noch im J. 1737 und man hat von ihr eine Abbildung und ge-

naue Beschreibung. Daraus erhellt, daſs sie mit einem förmlichen Echappement versehen war, bei welchem die Zähne eines Steigrades in die Lappen einer Spindel griffen, an welcher oben ein Kreuz mit verschiebbaren Gewichten hin und hergeworfen wurde.[1])

Zu astronomischen Beobachtungen wurden die Gewichtsuhren zuerst in Nürnberg ums J. 1484 von dem reichen Patricier **Bernhard Walter** angewandt. Ihm folgte der wissenschaftliebende Langraf **Wilhelm** von Hessen zur Zeit des **Kopernikus**, und später der berühmte **Tycho Brahe**, der 4 solcher Räderuhren besaſs, welche Stunden, Minuten und Secunden angaben, aber freilich noch von sehr roher Konstruktion waren, und deshalb, wie er selbst klagt, noch einen sehr unzuverläſsigen namentlich vom Wetter abhängigen Gang besaſsen. Sie waren dem Baue nach eine Art Thurmuhren, eins der Räder hatte nicht weniger als drei Fuſs Durchmesser und 1200 Zähne, und muſste bisweilen mit dem Hammer nachgeholfen werden. Im Laufe des XVI. und der ersten Hälfte des XVII. Jahrhunderts mehrten und besserten sich die Räderuhren zusehends, so daſs zu **Huyghens**' Zeiten eine jede nur einigermaſsen wohl ausgerüstete Sternwarte, und mindestens der Hauptthurm in jeder einigermaſsen bedeutenden Stadt des civilisirten Europas mit einem solchen Werkzeug der Zeitmessung versehen war.

Aber bei alledem waren diese Uhren sehr mangelhaft, und erfüllten den Zweck ihrer Konstruktion nur höchst unvollkommen; daher kam es denn auch, daſs **Galilei**, nachdem er die Regelmäſsigkeit der Pendelschwingungen erkannt hatte, nur dieses einfache Instrument statt aller damaligen Uhren zu seinen Zeitmessungen anwandte, und es sowohl in seinen Briefen als in seinem *Systema cosmicum* und seinen *Dialoghi dei moti* Andern zu gleichem Zweck empfahl. **Mersenne**, **Torricelli**, **Riccioli** und die

---

[1]) Brewster, Edinb. Encyclop. XI, 114.

florentiner Akademiker benutzten keinen anderen Zeitmesser als das freie Pendel.

Ein frei schwingendes Pendel aber, so vorzügliche Dienste es auch für kurze Zeiten leistet, führt, wenn die Beobachtungen länger fortgesetzt werden sollen, zwei groſse Uebelstände mit sich. Fürs Erste müssen die Schwingungen einzeln gezählt werden, und das ist bei einer groſsen Anzahl derselben nicht nur eine sehr lästige, sondern auch leicht zu Fehlern Anlaſs gebende Arbeit. Zweitens nehmen die Schwingungsbogen in Folge des Luftwiderstandes und der Reibung auf der Axe ab, und die kleineren Schwingungen geschehen in kürzerer Zeit als die gröſseren. Galilei war allerdings nicht ganz unbekannt mit dem letzten Uebelstand; allein es geschah doch nur in der Absicht, das mühsame Zählen zu beseitigen, daſs er in den letzten Jahren seines Lebens daran dachte mit dem Pendel ein Räderwerk zu verbinden, und da er selbst schon erblindet war, die Ausführung dieser Idee seinem Sohn Vincenzo übertrug. Dieser kam damit denn auch wirklich im J. 1649, also sieben Jahre nach seines Vaters Tod zu Stande, wie namentlich in den Denkschriften der florentiner Akademie bezeugt wird, wo sogar das von ihm dargestellte Instrument abgebildet ist.

Dies war der Stand der Sache, als Huyghens sich ihrer bemächtigte. Uhren hatte man und Pendel, selbst Pendel mit einem Zählerwerk, aber darum noch lange keine Pendeluhren!

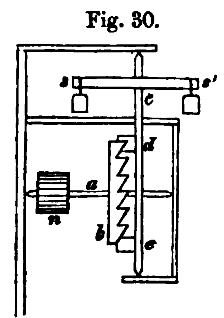
252. Eine Pendeluhr ist die Kombination eines Pendels mit einem Räderwerk, welches einen doppelten Dienst zu verrichten hat, einmal die Schwingungen des Pendels zu zählen, und dann die kleinen Kraftverluste, welche dieses in Folge des Luftwiderstandes und der Reibung am Aufhängepunkt erleidet, fortdauernd zu ersetzen ohne das Pendel in seinem Gange zu stören. Zu diesem Behuf muſs es durch eine äuſsere Kraft, sei es nun die eines Gewichts oder einer elastischen Feder, angetrieben werden,

und indem es dabei fortwährend einen Theil seiner Kraft an das Pendel abgiebt, wird es von diesem in seinem Gange regulirt. Ein Werkzeug gestützt auf solche Wechselseitigkeit existirte bis auf **Huyghens** nicht. Alle Uhren vor ihm wurden nicht durch das Pendel regulirt, und umgekehrt war das Instrument von **Galilei** ein bloſses Zählerwerk des Pendels, das nothwendig in nicht gar langer Zeit zum Stillstand kommen muſste.

Wie nun aber waren die Uhren vor **Huyghens** eingerichtet, da sie nicht vom Pendel regulirt wurden, und doch einigermaſsen richtig gingen? Die Antwort hierauf ist, daſs diese Uhren allerdings einen Regulator besaſsen, denn ohne denselben würde das Räderwerk nothwendiger Weise in sehr kurzer Zeit schnurrend abgelaufen sein, aber der Regulator war unvollkommener Art, und gewährte nicht die Sicherheit des Pendels.

Die allerersten Räderuhren, Gewichts- wie Federuhren, besaſsen wahrscheinlich keinen anderen Regulator als den Windfang oder Windflügel, welchen man noch jetzt bei Spieluhren oder Spieldosen anwendet, weil er den Vortheil gewährt, daſs er dem Uhrwerk einen stetigen und nicht ruckweisen Gang verleiht. Der Widerstand der Luft gegen die Flügel einer Welle sind hier das Hemmende des Räderwerks. In späterer Zeit wurde der Windfang durch die sogenannte Bilanz verdrängt, und damit machte man auch die wichtige Erfindung des Echappements, der Hemmung oder des Stoſswerks.

Fig. 30.



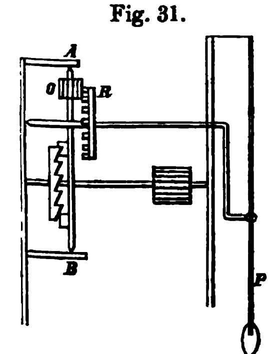
Zu **Huyghens'** Zeit hatte man im Wesentlichen zwei Arten von Bilanzen, eine vertikale und eine horizontale; die erste hatte folgende Einrichtung: Die Welle a, Fig. 30, wird vom Räderwerk mittelst des Getriebes n gedreht und mit ihr das daran befindliche Steigerad b. Vor diesem steht senkrecht die Spindel c mit den beiden Lappen d und e, welche um etwa einen rechten Winkel gegen einander

geneigt sind, so dafs nie beide gleichzeitig von den Zähnen des Steigerades berührt werden. Mit der Spindel stand die Bilanz oder Unruhe *s s'* in Verbindung, welche anfangs aus einer beschwerten Eisenstange, später aus einem Ringe bestand. Wird nun durch einen Zahn des Steigerades der Lappen *d* fortgestofsen, so dreht sich die Spindel und es gleitet in Folge dessen der treibende Zahn bald von *d* ab, gleichzeitig aber bewegt sich der Lappen *e* gegen einen der unteren Zähne von *b* und hemmt dessen Lauf, bis die Unruhe die ihr eben ertheilte Schwingung vollendet hat. Dann stöfst der bis dahin gehemmte Zahn den Lappen fort, und zwar nach entgegengesetzter Richtung als der Lappen *d* getrieben wurde. Dieser fällt jetzt in den nächst folgenden Zahn oben ein, und der ganze Vorgang wiederholt sich, so dafs die Spindel stets hin und her geworfen wird. Bei jeder Schwingung erleidet das Steigerad und damit auch das Räderwerk eine Hemmung, welches also periodisch fortrückt, und nur einen erheblich verlangsamten Fall des Gewichts zuläfst. In dieser Art war namentlich die Uhr des **Heinrich** v. **Wyck** eingerichtet, die noch im J. 1737 existirte und von **Julien le Roy** beschrieben worden ist (§ 237, 251).

Bei der horizontalen Bilanz lag die Spindel horizontal und die Welle mit dem Steigerade stand senkrecht.

Huyghens wählte bei seinen ersten Versuchen das Echappement mit vertikaler Spindel und änderte es folgendermafsen ab. Das kleine Rad *O*, Fig. 31, an der Spindel *AB* hatte wie das darein greifende Rad *R* keine drehende Bewegung, sondern nur diejenige, welche ihm von dem schwingenden Pendel *P* gegeben wurde. *R* hatte den zwei- bis dreifachen Durchmesser von *O*, und so brauchte das Pendel nur ganz kleine Schwingungen zu machen, um das Uhrwerk in Gang zu halten.

Fig. 31.



Diese Einrichtung war es, welche er im December 1656 in seinem 27. Lebensjahr ersann. Am 16. Juni 1657 erhielt er auf dieselbe ein Patent von den General-Staaten, worauf er sie 1658 in der kleinen Schrift Horologium beschrieb und abbildete.

Der Werth der neuen Erfindung wurde sogleich allgemein anerkannt; kaum war sie durch die kleine Schrift verbreitet worden, als man auch schon anfing die alten Bilanzen von den Uhren auszuheben und dafür Pendel einzusetzen. Man nahm Pendel von 12 bis 20 Fuſs Länge mit Linsen daran von 30 Pfund. Die Thurmuhren von Scheveningen bei Haag und in Utrecht gehörten zu den ersten, die mit der neuen Erfindung versehen wurden. Eine Unzahl von Gratulationsbriefen aus allen Ländern Europas und von Männern des verschiedensten Standes, die man in dem Nachlaſs von **Huyghens** aufgefunden hat, beweist, mit welchem Enthusiasmus die Erfindung aufgenommen wurde.

253. **Huyghens** begnügte sich indeſs nicht mit diesem ersten Schritt. Er hatte eine Unvollkommenheit an seiner Vorrichtung entdeckt, und suchte sie zu verbessern. *Nil actum reputans, si quid superesset agendum* war sein Wahlspruch. Schon am 31. Januar 1659 spricht er in einem Briefe an einen Herrn Mylon in Paris, daſs er von dem Echappement mit vertikaler Spindel zu dem mit horizontaler übergegangen sei, das Getriebe mit Zahnrad fortgelassen, aber dafür zwei kleine Stücke hinzugefügt habe, um die Ungleichheiten in den Schwingungen des Pendels aufzuheben. Und im December desselben Jahres meldete er seinem früheren Lehrer der Mathematik, dem Professor **Schooten** in Leyden, daſs jene Stücke aus zwei gekrümmten Blechen bestehen, zwischen welchen das Pendel seine Schwingungen vollführe, hinzusetzend, es sei ihm gelungen, was er nie geglaubt habe, nämlich die Kurve aufzufinden, längs welcher ein Pendel alle seine Schwingungen, kleine wie groſse, in gleicher Zeit vollende.

Erst 13 Jahre später in seinem berühmten Werk Horologium oscillatorium, welches im J. 1673 erschien, und welches man nicht verwechseln darf mit der kleinen Schrift von 1658, die blofs den Titel Horologium führte, machte er diese interessante Entdeckung bekannt, von der es sich freilich späterhin zeigte, dafs sie grade keinen praktischen Werth besitzt. Die Eigenschaft, welche er suchte, um die Ungleichheit in der Amplitude oder Schwingungsweite seiner Pendel zu berichtigen, fand er an der Cykloide oder Radlinie, d. h. an der Kurve, die ein Punkt am Umfang eines Rades beschreibt, wenn es auf einer graden Linie fortrollt.

Er fand, dafs auf dieser Kurve ein jeder Bogen, sei er grofs oder klein, in gleicher Zeit durchfallen werde, weil die beschleunigende Kraft an jedem Punkt der Kurve sich verhält wie der noch zu durchlaufende Bogen, vorausgesetzt dafs, wie es an demselben Beobachtungsort wirklich der Fall ist, die Schwerkraft an allen Punkten der Kurve gleiche Richtung und gleiche Stärke hat. Wegen dieser Eigenschaft nannte er die Cykloide: Linea tautochrona oder schlechthin Tautochrone. Zugleich entdeckte er noch eine zweite Eigenschaft an der Cykloide, nämlich die, dafs sie durch Abwicklung wiederum eine Cykloide giebt, oder anders gesagt, dafs die Cykloide die Evolute ihrer selbst ist. **Huyghens** ist überhaupt der Urheber der Theorie der Evolution oder Abwicklung der Kurven, die er in seinem Horologium oscill. freilich nach dem Styl der älteren Geometrie auseinander setzte.

Von diesen beiden Eigenschaften machte er nun eine sinnreiche Anwendung auf das Uhrpendel. Er formte zwei cykloidische Bleche, schraubte sie oben an einem festen Querriegel zusammen und liefs zwischen beiden einen Faden herabgehen, an welchem er das Pendel aufhing. Letzteres wurde umfafst von der Oese einer Stange, die an der horizontalen Spindel safs, in deren Lappen die Zähne des Steigerades vom Räderwerk eingriffen. Beim Schwingen dieses Pendels mufste sich nothwendig der

Faden an die Bleche legen, und somit gemäfs der eben angeführten zweiten Eigenschaft der Cykloide das Ende desselben eine Cykloide beschreiben. Dasselbe mufste das ganze Pendel thun, da es innerhalb der Gränze, die seinen Amplituden gesteckt war, stets die Tangente der Cykloide oben bildete. Innerhalb dieser Gränze konnten demnach die Schwingungen des Pendels klein oder grofs sein, es vollbrachte sie alle in gleicher Zeit.

Dieses Verfahren die Pendelschwingungen isochron zu machen, ist gewifs sehr sinnreich und vom mathematischen Gesichtspunkt aus auch streng richtig; allein in praktischer Hinsicht bietet es grofse Schwierigkeiten dar, und daher hat man es späterhin verlassen. Denn 1) ist es sehr schwierig den Blechen eine genau cykloidische Form zu geben, obwohl **Huyghens** dazu ein, mathematisch betrachtet, ganz richtiges Verfahren anwandte. Er rollte einen Cylinder auf einer Ebene fort, und hatte an dessen Umfang einen Stift befestigt, der auf einer daneben befindlichen Tafel eine Cykloide beschrieb, nach welcher er dann die Bleche ausschnitt. 2) Es hat der Faden, aus welchem Material man ihn auch nehme, immer einige Steifigkeit, und daher legt er sich nicht genau an die Bleche an. Fürs Dritte aber ist die ganze sinnreiche Vorrichtung überflüssig, indem man es bei einer gröfseren Vollkommenheit des Echappements fast mathematisch genau dahin bringen kann, dafs die Amplituden der Schwingungen gleich grofs werden. Bei gleicher Gröfse der Amplituden sind aber alle Schwingungen isochron, sie mögen in Kreisbogen, in cykloidischen, elliptischen oder irgend welch' anderen Bogen vollführt werden.

Daher läfst man denn jetzt die Pendel nur in Kreisbogen als den einfachsten schwingen, d. h. man verfertigt sie der ganzen Länge nach aus einem soliden Material, das entweder auf einer Axe ruht, oder wenn es in einer Feder ausläuft, oben blofs in einem Punkt oder einer Linie eingeklemmt ist. Selbst wenn das Pendel an einem Faden aufgehängt ist, eine Einrichtung, die man der leichten

Ajustirung wegen wohl bei den heutigen Setzuhren antrifft, schwingt dieser Faden um einen Punkt.

Schon bei Lebzeiten **Huyghens'** ging man von der cykloidischen Vorrichtung ab, und kehrte zu der ersten Huyghens'schen zurück. Man nahm sehr schwere Pendel, und liefs sie nur kleine Bogen beschreiben. Dies thaten namentlich **R. Hooke** und **Derham**, sowie auch der londoner Uhrmacher **William Clement**. Letzterer machte diese Einrichtung erst recht praktisch, indem er ums J. 1680 den englischen Haken oder die Anker-Hemmung erfand, eine Erfindung, auf welche auch **R. Hooke** Anspruch macht, und welche später eine Unzahl anderer Echappements ins Leben gerufen hat.

254. In praktischer Hinsicht gewährten also die cykloidisch geformten Bleche keine gröfsere Vollkommenheit der Uhren, sie gaben aber Veranlassung, dafs man sich von wissenschaftlicher Seite näher mit der Cykloide beschäftigte, und daran noch eine andere merkwürdige Eigenschaft entdeckte. Es war der grofse Mathematiker **Johann Bernoulli**, dem wir diese Entdeckung verdanken. Er hatte sich die Aufgabe gestellt: Es sind zwei Punkte gegeben, die weder in einer vertikalen noch einer horizontalen Ebene liegen, und es soll ein Körper von dem einen zu dem andern herunter fallen; längs welcher Kurve mufs der Körper herabfallen, damit die Zeit ein Minimum sei? Er fand, dafs dies nicht etwa die grade Linie, sondern die Cykloide sei, deshalb nannte er sie die Linie des kürzesten Falles, Linea brachystochrona. Die Cykloide bietet also die Merkwürdigkeit dar, dafs sie tautochron und brachystochron zugleich ist.

Nach Sitte der damaligen Zeit, die unter den Mathematikern am Schlufs des XVII. und Anfang des XVIII. Jahrhunderts eine aufserordentliche Thätigkeit hervorrief, die sich aber seitdem überlebt zu haben scheint, da man sie trotz mehrfacher Bemühungen in neuerer Zeit nicht wieder hat ins Dasein rufen können, legte **Joh. Bernoulli** die Aufgabe seinen Zeitgenossen im J. 1696, ein Jahr nach **Huyghens'**

Tod, in den Actis Eruditorum vor, ohne die Lösung mitzutheilen, für welche er eine Frist von 6 Monaten aussetzte.

Leibnitz, damals mit vielen anderen Dingen beschäftigt, erbat sich einen Aufschub von 6 Monaten, erhielt ihn und löste dann die Aufgabe. Allein dieser Aufschub gab Veranlassung, dafs noch drei Lösungen einliefen: eine von **Newton**, der die Aufgabe erst zu Anfang des J. 1697 kennen gelernt hatte; eine zweite von **Jakob Bernoulli**, dem älteren Bruder **Johann**'s und eine dritte vom **Marquis de l'Hôpital**, einem Schüler von **Joh. Bernoulli**. **Leibnitz**, **Newton** und **l'Hôpital** begnügten sich kurz das Resultat anzugeben, **Jakob Bernoulli** aber setzte seine sinnreiche Methode zugleich auseinander und spann die Sache weiter fort, indem er sich an seinem Bruder, mit dem er in Mifshelligkeiten gerathen war, durch Vorlegung ähnlicher sehr schwerer Aufgaben zu reiben suchte. Das berühmteste unter diesen Problemen ist das isoperimetrische, welches **Jakob** 1697 vorlegte, und von **Johann**, nachdem er sich einige Male geirrt, im J. 1718 gelöst wurde.

Die **Bernoulli**'s stammen aus den Niederlanden. **Jakob Bernoulli**, geb. 1598, verliefs wegen der durch die Verwaltung des Herzogs von Alba über die Niederlande verhängten Religionsbedrückungen seine Heimath Antwerpen, und liefs sich in Basel nieder. Sein Sohn **Nikolaus** (1623 bis 1708) hatte 11 Kinder, von denen **Jakob** das fünfte und **Johann** das zehnte war.

Jakob Bernoulli wurde geb. 1654 in Basel, war Professor der Mathematik in seiner Vaterstadt und starb daselbst 1705.

Johann Bernoulli war geb. 1667 zu Basel, bekleidete seit 1695 die Professur der Mathematik in Gröningen, dann nach dem Tode seines Bruders die in Basel, wo er 1748 starb. Er hat sich auch durch verschiedene physikalische Untersuchungen bekannt gemacht, derentwegen ich ihn später noch nennen werde.

Beide Brüder glänzen als Sterne erster Gröfse in der Geschichte der Mathematik, sie waren gleichsam die Apostel der neueren durch **Leibnitz** den Mathematikern verkündeten

Lehre des **Infinitesimalkalküls**, und geraume Zeit mit ihrem Meister allein in die Geheimnisse desselben eingeweiht. Die Familie **Bernoulli** ist überhaupt reich an mathematischen Genies, darunter auch der in der Physik vielfach genannte **Daniel Bernoulli**; er war der Sohn von **Johann Bernoulli**, geb. 1700 zu Gröningen und gest. 1782 zu Basel.

Der gleichfalls oben erwähnte Marquis **François de l'Hospital** oder **l'Hôpital** ist geb. 1661 zu Paris, wo er auch 1704 starb; er war seit 1690 Ehrenmitglied der pariser Akademie.

255. Um wieder auf **Huyghens** zurückzukommen, muſs ich damit beginnen, daſs, wiewohl er die Freude erlebte, seine groſse Erfindung sogleich in vollem Lichte erkannt zu sehen, er doch auch den Verdruſs hatte, daſs man ihm die Ehre derselben streitig zu machen suchte. Er selbst beschwert sich darüber zwar ruhig, aber in ganz entschiedener Weise in der Vorrede zu seinem Horologium oscillat. von 1673. Noch nachher sind die Anschuldigungen mehrfach wiederholt, ja sie finden sich in der Hauptsache zusammengestellt in einem erst 1772 zu Lucca erschienenen Werk, nämlich im dritten Bande der *Elogi degli uomini illustri di Toscana.* Daselbst heiſst es: *Wir besitzen Briefe von **Galilei** an **Beaugrand** nebst anderen an **Reaal** und **Hortensius**, welche auſser **Viviani** unzweifelhaft beweisen, daſs **Galilei** wirklich die Anwendung des Pendels auf die Uhr erfand. Es ist **Elia Deodati**, welcher im J. 1637 eine Beschreibung der von **Galilei** erfundenen Pendeluhr an den Vater des berühmten **Huyghens** übersandte, und **Becher** (der Chemiker, s. § 197) fügt hinzu, daſs auch ein Modell von derselben nach Holland geschickt wurde. Dies reicht hin um **Huyghens** und Andere zu widerlegen, welche Italien nicht die Ehre dieser groſsen Erfindung gönnen wollen.*

Diese Aussage klingt sehr bestimmt, ist aber nichts desto weniger ganz aus der Luft gegriffen, wie der verstorbene Professor **van Swinden** zu Amsterdam auf eine sehr ausführliche und unwiderlegliche Art im J. 1822 dar-

gethan hat [1]). **Van Swinden** hatte Gelegenheit den reichen Nachlaſs von **Huyghens** an Manuskripten und Briefen, der zu Leyden aufbewahrt wird, zu durchmustern, und dadurch sah er sich in den Stand gesetzt, jene Anklage Punkt für Punkt als unbegründet nachzuweisen; ich will einiges daraus hervorheben.

Von Briefen **Galilei's** an **Beaugrand** giebt es in der gedruckten Ausgabe seiner Werke nur einen, datirt vom November 1633, wo er kurz sagt, er habe eine genaue Uhr (giusto orologio) verfertigt, die nicht nur in einer Stunde, sondern selbst in einem Tag und in einem Monat zu keinem Fehler von einer Sekunde Anlaſs gebe, ohne übrigens die Uhr im Geringsten zu beschreiben. — Ob noch andere Briefe an **Beaugrand** vorhanden sind? aber schwerlich können diese mehr enthalten, als andere, die **Galilei** ums J. 1636 durch Vermittlung von **Deodati** in Paris an verschiedene Personen in Holland sandte, als er damit umging sein Verfahren, die Meereslänge durch die Jupitertrabanten zu finden, den General-Staaten in Holland zu verkaufen. Es sind Briefe an **Reaal**, den ehemaligen Gouverneur des holländischen Ostindiens, an den berühmten **Hugo Grotius**, an **Hortensius** (**Van den Hove**), Prof. der Mathematik zu Amsterdam u. Andere. **Hortensius** wurde von den General-Staaten erwählt, zu **Galilei** zu reisen, um dessen Vorrichtungen in Augenschein zu nehmen, ward aber durch seinen 1639 erfolgten Tod an dieser Reise verhindert (§ 115).

In den genannten Briefen beschreibt nun **Galilei** seinen Orologio oder Oriuolo ganz deutlich, und daraus geht hervor, daſs diese Uhr ein bloſses Pendel war in Gestalt eines Kreissegments von 12 bis 15° und 16 bis 24 Zoll Radius, welches er auf einer Axe von Stahl mit scharfer Schneide schwingen lieſs. Ebenso enthalten die Briefe, welche **Deodati** allerdings im J. 1637 an **Huyghens'** Vater in Be-

---

[1]) Edinb. phil. Journ. VI, 196; VII, 35 aus den Denkschriften des niederländ. Instituts.

treff der eben genannten Verhandlung schrieb, nichts anderes als in **Galilei's** gedruckten Werken steht. Von einer durch **Galilei** übersandten Uhr ist nicht die Rede, nur von dem Anerbieten den General-Staaten, wenn sie es wünschen würden, aufser einem zur See dienlichen Fernrohr, die Konstruktion der von ihm erfundenen Uhr zu übersenden.

Am bestimmtesten könnte gegen **Huyghens** der Passus in den Saggi der Accademia del Cimento sprechen, welcher heifst:

Die Akademiker hielten es für zweckmäfsig der Uhr ein Pendel hinzuzufügen nach dem Beispiele von dem, was Galilei zuerst von Allen erfunden, und sein Sohn Vincenzo schon im J. 1649 ausgeführt habe.

Allein dagegen ist zu bemerken, dafs die Saggi im J. 1667, also zehn Jahre nachdem **Huyghens** ein Patent auf seine Erfindung genommen hatte, erschienen, und dafs die darin abgebildete Uhr keine Aehnlichkeit mit der von **Huyghens** hat, und nichts weiter als ein Zählerapparat war. Dafs man selbst im J. 1659 noch keine wahre Pendeluhr in Florenz hatte, geht aus Briefen hervor, die der Fürst Leopold von Medici in diesem Jahr an den Astronomen **Boulliau** in Paris schrieb, als Erwiderung auf die von Letzterem an ihn gesandte Schrift von **Huyghens**.

Boulliau sandte Kopien von diesen Briefen an **Huyghens**, welche noch vorhanden sind, und aus diesen ersieht man aufs Klarste, dafs die Ansprüche der Italiener völlig unbegründet sind. Jene Schriftstücke enthalten rohe Skizzen der Uhren, von denen der Prinz sagt, dafs die eine von **Galilei** angefangen sei, und von einer anderen, dafs sie sich auf dem grofsherzoglichen Palast zu Florenz befinde, die aber auch noch nicht fertig gewesen zu sein scheint, da er hinzusetzt, man erwarte gute Dienste von ihr. Es sind auch nur Pendel mit Räderwerken ohne Gewichte, *Numeratore del tempo*, wie **Galilei** einmal von der seinigen sagt.

Hieraus erhellt zur Genüge, was von der Angabe **Becher's** zu halten ist, dafs eine galileische Uhr nach Holland gesandt worden sei. Die Angabe ist aus einer Schrift genommen, welche **Becher** unter dem Titel: *De nova temporis dimetiendi ratione et accurata horologiorum ratione* im J. 1680 der königl. Gesellschaft zu London überreichte, und voll der gröbsten Beschuldigungen gegen **Huyghens** ist. Unter Anderem sagt er darin, er habe vom Grafen **Magalotti**, dem Verfasser der Saggi der Acc. del Cimento und damals grofsherzogl. Gesandter in Wien, die ganze Geschichte der Uhren erfahren, und dasselbe habe ihm zu Augsburg ein gewisser **Trefler**, früher Uhrmacher beim Grofsherzog Ferdinand II., mitgetheilt. Dieser habe ihm gesagt, dafs er, Trefler, auf Befehl des Grofsherzogs nach der Angabe des Mathematikers **Galilei** die erste Pendeluhr, Horologium pendulum, zu Florenz verfertigt habe. **Becher** setzt noch hinzu, der Mathematiker des Kurfürsten von Mainz habe ihm erzählt, er habe zu Prag eine Pendeluhr gesehen, welche von **Justus Borgen**, dem Mathematiker und Uhrmacher des Kaisers Rudolph II. gemacht und von **Tycho Brahe** zu seinen Beobachtungen gebraucht worden sei.

Nur die letzte Angabe verdient eine nähere Beleuchtung, denn dafs **Trefler** die Uhr machte, von welcher Prinz Leopold in seinem Brief an **Boulliau** spricht, kann wahr sein, ohne dafs es hier weiter in Betracht kommt, da wir gegenwärtig wissen, von welcher Art diese Uhr war. Allein, wenn es mit der letzten Angabe seine Richtigkeit hätte, müfsten die Pendeluhren schon vor dem Jahre 1601 erfunden sein, da der berühmte Astronom **Tycho** in diesem Jahre starb.

Die Sache erklärt sich indefs sehr einfach; nachdem nämlich **Huyghens** seine Erfindung gemacht hatte, nahm man häufig aus alten Uhren die Bilanz heraus und hing ein Pendel ein, ohne die Jahreszahl der Anfertigung zu ändern oder hinzuzufügen, wann das Pendel eingehängt worden. So war die Uhr auf dem Stadthause zu Amster-

dam noch zu **Becher's** Zeit mit einer Bilanz versehen, obwohl sie jetzt seit länger als 120 Jahr ein Pendel hat. So sahe **Huyghens** selbst beim dänischen Gesandten in Haag eine Pendeluhr, die das Jahr 1576 auf dem Zifferblatt trug, und von **Tycho Brahe** gebraucht war; aber der berühmte **Römer**, der damals von Kopenhagen nach Haag kam, wuſste genau, wann und von wem das Pendel hinzugefügt worden. So könnte denn auch in Wahrheit der mainzer Mathematiker eine Pendeluhr gesehen haben, auf der **Just. Borgen's** Name stand, wie andererseits die Angabe ganz glaublich erscheint, daſs **Christoph Trefler** zu Augsburg die ersten Pendeluhren in Deutschland gemacht hat.[1])

Der erwähnte **Justus Borgen**, auch Jobst Burgi, Bürgi oder Byrgius, war geboren 1552 zu Lichtensteig in der Schweiz und starb 1632 zu Kassel. Er war ein Mann ohne gelehrte Bildung, aber erfinderisch und mit vielem mechanischen Talent begabt. Er bekleidete in Kassel lange das Amt eines kurfürstlichen Uhrmachers, und seit 1602 das eines kaiserl. Kammeruhrmachers zu Prag, worauf er sich 1622 wieder in Kassel niederlieſs. Von ihm sind die Logarithmen erfunden, zwar später als von **Napier**, aber unabhängig von diesem.

In der Rechtfertigung von **Huyghens** bin ich etwas ausführlich gewesen, weil man selbst in Werken neuerer Zeit seine Verdienste nicht gehörig anerkannt findet. So hält es der Uhrmacher **Berthoud**, als Künstler eine Autorität, in seiner schätzbaren *Histoire de la mesure du temps, Paris 1802, I, p. 37* für wahrscheinlich, daſs **Burgi** der Erfinder der Pendeluhren sei, und dasselbe wird noch bestimmter von **Bode** in seinem astronomischen Jahrbuch von 1816 wiederholt. Ja der Erstere äuſsert an einer anderen Stelle seines Werks, man könne **Huyghens** alle Verdienste, die ihm zugeschrieben werden, lassen, dürfe ihn in dieser Angelegenheit aber doch nicht als Erfinder betrachten,

[1]) Busch, Handb. d. Erfindungen X, 32.

denn was er gethan, sei keine Erfindung, sondern bloſs eine Substitution des Pendels für die Bilanz.

Für diese Aeusserung ist freilich **Berthoud** schon von seinem Landsmann **Delambre** gestraft worden[1]), allein sie verdient doch aufgehoben zu werden als Beispiel nationaler Verblendung. Man wird dabei unwillkührlich an das Ei des **Columbus** erinnert! Wenn die Sache so einfach gewesen, was soll man dann von **Galilei** und von den Astronomen nach ihm halten, die daran dachten den Gang des Pendels perpetuirlich zu machen, ohne es bewerkstelligen zu können. Unser Landsmann **Hevel** sagt offen in seiner Machina coelestis im J. 1673 pag. 366, er habe sich viel mit diesem Problem beschäftigt, aber ehe er damit zu Stande gekommen, habe **Huyghens** seine Erfindung 1657 publicirt.

Uebrigens hat es **Huyghens** selbst nie geläugnet, daſs er einerseits durch **Galilei** auf den Gebrauch des Pendels geführt worden, und andererseits daſs er von den Räderuhren seiner Zeit das Echappement entlehnt habe. Sein Verdienst die zweckmäſsige Verbindung beider zu einer Pendeluhr wird dadurch nicht im Mindesten geschmälert.

256. Es scheint gegenwärtig ganz natürlich, daſs **Huyghens**, nachdem er die standfesten Uhren so wesentlich vervollkommnet hatte, sein Augenmerk auch auf die tragbaren, auf die Sack- oder Taschenuhren richtete. Ueber den Ursprung derselben, die nothwendig statt mittelst des Gewichts durch eine Feder bewegt werden müssen, weiſs man nichts recht Zuverlässiges. Aber wenn es auch nicht verbürgt werden kann, daſs **Peter Hele** zu Nürnberg ums J. 1500 der Erfinder derselben ist, so deutet doch der Umstand, daſs sie in den ersten Zeiten ganz allgemein den Namen lebendige nürnberger Eier führten, darauf hin, daſs sie wenigstens sehr früh in jener Stadt müssen verfertigt worden sein. Man weiſs auch nicht, daſs sie etwa

---

[1]) Delambre, Mém. de l'Institut 1808.

Frankreich oder England gemacht worden

Taschenuhren blofs durch einen Wind-
n, konnten sie keinen recht zuver-
Ein Pendel ist hier nicht am Ort,
rch die Bewegung der Uhr bald
Schwerkraft, welche das Pendel
re Kraft ersetzt werden, die
gig ist. **Huyghens** sann
in der Elasticität einer
vants vom 25. Februar
chreibung seiner Idee nebst
nen Vorrichtung, die sie verlangt.
nruhe mit Spiralfeder, wie wir sie in
gen Taschenuhren finden, und an der Axe
uhe ein Getriebe, in welches ein Kronrad ein-
greift; dieses sitzt an einer Spindel, die rechtwinklig zu jener Axe gerichtet, also horizontal ist, wenn die Axe senkrecht steht. Die Spindel hat zwei Lappen, durch welche das Steigerad ganz wie bei der älteren beschriebenen Einrichtung (§ 252), gehemmt wird.

Huyghens kann indefs in dieser Erfindung nicht auf die Priorität Anspruch machen; es ist unzweifelhaft, dafs der in mechanischen Vorrichtungen so erfinderische **Rob. Hooke** schon viele Jahre vor ihm auf die Benutzung der Federkraft verfiel, nämlich schon ums J. 1658, also ein Jahr später als **Huyghens** das Patent auf die Pendeluhr genommen hatte. Nach einer anderen Angabe soll **Hooke** sogar schon 1656 die in Rede stehende Idee gefafst haben.[1]) Anfangs scheint **Hooke** eine grade Stahlfeder angewandt und von ihr erst den Uebergang zur spiralförmigen gemacht zu haben.

Es ist nun § 237 bereits erzählt, dafs die Absicht **Hooke's**, ein Patent auf diese Erfindung zu nehmen, sich

[1]) Brewster, Edinb. Encyclop. XI, p. 110.

zerschlug, dieselbe ein Geheimnifs blieb und schliefslich **Huyghens** ebenfalls auf die Spiralfeder verfiel. Es wäre möglich, dafs letzterer einen Wink vom Dasein der Hooke'schen Erfindung bekommen hätte; es ist aber bei einem Mann von seinem Genie und seinem Charakter nicht glaublich, dafs er das Wesen der Erfindung selbst erfahren und sich dann widerrechtlich ihrer bemächtigt habe. Uebrigens war auch das Echappement von **Huyghens** ein anderes als das von **Hooke**, welches man zwar nicht genau kennt, von dem man aber glaubt, dafs es später dem Uhrmacher **Dutertre** in Paris im J. 1724 zu dem sogenannten Duplex Anlafs gab.

Noch weniger können **Huyghens'** Verdienste um die Spiralfeder durch die Ansprüche des Abbé **Hautefeuille** beeinträchtigt werden (§ 237), eines Mannes, der zwar nicht ohne mechanisches Talent war, aber Eitelkeit und Anmafsung genug besafs, um jeden rohen Gedanken, den er hatte, für eine vollendete Erfindung auszugeben. Er fing mit **Huyghens** einen Procefs an, der schwerlich gut für ihn abgelaufen sein würde, wenn nicht **Huyghens** freiwillig seinem Patent auf die Spiralfeder entsagt hätte.

257. Ehe ich das Kapitel von den Uhren verlasse, mufs ich noch einer merkwürdigen Beobachtung erwähnen, die **Huyghens** bei Gelegenheit der Beschäftigung mit diesen Werkzeugen machte. Er beobachtete nämlich, dafs die Pendel zweier Uhren, die, wenn sie in einem Abstand von ungefähr 15 Fufs von einander aufgestellt waren, und einen etwas verschiedenen Gang hatten, so dafs das eine um etwa 5 Sekunden im Tage von dem andern abwich, einen völlig gleichen Gang zeigten, wenn sie neben einander in 1 bis 2 Fufs Entfernung aufgestellt wurden. Ferner, dafs wenn man diese Pendel absichtlich in ihrem Gange störte, sie doch nach Verlauf von etwa einer halben Stunde wieder genau isochrone Schwingungen machten, und zwar dergestalt, dafs das eine seinen Hingang machte, wenn das andere auf dem Hergang war.

Huyghens hat diese Beobachtung unter dem 26. Febr. 1665 im Journal des savants beschrieben, wo er auch sagt, er wisse sich die Quasi-Sympathie der beiden Pendel nicht anders zu erklären, als durch Bewegung der Luft. 74 Jahre darauf, nämlich im J. 1739, wurde dieselbe Erscheinung zu London von **Ellicott** beobachtet und genauer erforscht. Er beobachtete sie an zwei Uhren, die mit dichtschliefsenden Gehäusen umgeben waren, und deren Pendel zwei Fufs auseinander hingen. Wenn er das eine Pendel in Schwingung versetzte, das andere aber in Ruhe liefs, so dauerte es nicht gar lange, 15 bis 30 Minuten, dafs auch dieses zweite Pendel in Bewegung kam und das Räderwerk drehte. Wenn die Uhren einzeln gingen, wichen sie innerhalb 24 Stunden um 90 Sekunden von einander ab, gingen sie aber beide, so stimmten sie so genau, dafs die Abweichung innerhalb dieser Zeit nicht eine einzige Sekunde betrug; die eine Uhr ging dann um 19 Sekunden langsamer, die andere um 77 Sekunden schneller als für sich.

Eine nähere Untersuchung zeigte, dafs diese Sympathie zwischen den beiden Pendeln, welche **Huyghens** der Luft zuschrieb, davon herrührte, dafs sie ihre Bewegung durch Vermittlung des Fufsbodens auf einander übertrugen und ausglichen. Es gelang **Ellicott**, diese gegenseitige Einwirkung beider Pendel beliebig entweder aufzuheben oder zu verstärken, je nachdem er den Uhren einen gesonderten recht festen Standpunkt gab, oder sie durch einen Querriegel von Holz absichtlich mit einander verband[1]).

Eine ähnliche Beobachtung erwähnt **Daniel Bernoulli** im J. 1772 in den Mém. de Pétersbourg als von **Ferdinand Berthoud** gemacht, nach welcher eine vortreffliche Pendeluhr, die nicht sehr befestigt war, sogleich um 5 Minuten täglich retardirte, als man ihr einen ganz festen Stand gab. In neuerer Zeit haben diese Phänomene der Mittheilung von Bewegungen selbst die Aufmerksamkeit von

---

[1]) Philosoph. Transact. 1739.

Laplace erregt, und **Breguet** sen. hat gesucht eine praktische Anwendung davon zu machen. Die erste Beobachtung dieser Erscheinungen aber gebührt **Huyghens**.

Pendelschwingungen.

258. Ich will nun zu einem andern Abschnitt des Horologium oscillatorium übergehen, um die Wichtigkeit dieses Werks für den Fortschritt der mechanischen Physik fernerweitig zu beleuchten.

Durch **Galilei** war allerdings das Fundament zur Lehre von der Pendelbewegung gelegt, aber die von ihm aufgefundenen Gesetze, namentlich das durch die Proportion

$$t : t' = \sqrt{l} : \sqrt{l'}$$

ausgedrückte, gelten streng genommen nur für einen ideellen Fall, für den Fall nämlich, daſs ein bloſser materieller Punkt seine Schwingungen in sehr kleinen Kreisbogen und im Vakuum vollführt. Es ist leicht zu ersehen, daſs ein Körper, d. h. ein System von fest miteinander verbundenen materiellen Punkten, nicht so schwingen kann, wie ein einzelner seiner Punkte für sich. Man sieht dies aus dem eben angeführten Gesetz $t : t' = \sqrt{l} : \sqrt{l'}$, und ganz einfach daraus, daſs eine sehr kleine Kugel, die wir hier als materiellen Punkt betrachten können, an einem Faden aufgehängt desto schneller schwingt, je kürzer der Faden ist. Denn sollte ein Körper, ein Stab oder eine Linie ebenso schwingen als seine Punkte einzeln für sich, so müſsten die Schwingungen jedes einzelnen Punktes unabhängig sein von der Länge des Fadens, oder hier vom Abstande des Aufhängepunktes. Da dies nun aber nicht der Fall ist, und da dennoch die in einem Körper mit einander verbundenen Punkte nur alle in derselben Zeit ihre Schwingungen vollenden können, so leuchtet ein, daſs ein materielles körperliches Pendel anders schwingen muſs als ein ideelles von gleicher Länge.

Es ist möglich, daſs schon **Galilei** diese Betrachtung anstellte, aber wir wissen nicht, daſs sie ihn zu einem Resultat führte. Der erste, der den Gegenstand öffentlich

zur Sprache brachte, war der Pater **Mersenne**, welcher gegen 1646 den Mathematikern die Aufgabe vorlegte, die Oscillationsdauer verschiedener Figuren zu bestimmen, wenn sie entweder in ihrer Ebene oder seitwärts darauf schwingen. Zwei seiner Zeitgenossen versuchten sich an der Aufgabe, **Descartes** und **Roberval.**

Descartes löste das Problem für den Fall, daſs eine ebene Figur in ihrer Ebene schwingt, irrte sich aber bei den Schwingungen derselben auſserhalb ihrer Ebene, und noch mehr bei den Schwingungen eines Körpers, die er ebenfalls betrachtete. **Roberval** war glücklicher; er bestimmte für gewisse Figuren die Zeiten für beiderlei Schwingungsweisen, irrte sich aber ebenfalls für andere Figuren und noch mehr für Körper. Er kam darüber mit **Descartes** in Streit, bei welchem keiner das volle Recht auf seiner Seite hatte.

Giles Persone oder **Personier**[1]), genannt **Roberval** nach seinem Geburtsort, einem Dorfe in der Diöcese von Beauvais, woselbst er 1602 geboren ward, kam 1627 nach Paris, wurde 1665 bei Gründung der Akademie zu deren Mitglied erwählt, und starb 1675 zu Paris. **Roberval** hat mancherlei in der Mathematik namentlich in der Geometrie geleistet, gehörte indeſs nicht zu den hervorragenden Geistern seiner Zeit, und auch sein Charakter bot manche Schattenseiten dar; Leidenschaft verwickelte ihn häufig in Streitigkeiten, bei denen er es mit der Wahrheit nicht genau nahm. In der Physik hat sich sein Name erhalten durch die sogen. **Roberval**'sche Wage, welche er 1670 den Physikern als ein Problem vorlegte.

An der von **Mersenne** gestellten Aufgabe versuchte sich auch **Huyghens**, aber er war damals noch ein 17jähriger Jüngling, und sein Vorhaben überstieg seine Kräfte; dafür hat er es denn aber in seinem Horologium oscill. von 1673 auf eine viel gründlichere Weise ausgeführt als alle seine Vorgänger.

---

[1]) **Montucla**, Hist. des math. II, 43.

Unter den hierher gehörigen Untersuchungen von **Huyghens** findet sich noch ein Satz, der auch erst in neuester Zeit zu nutzhafter Anwendung gekommen ist, nämlich der, daſs das Oscillationscentrum und der Suspensionspunkt wechselseitige Punkte sind, d. h. daſs, wenn man das Oscillationscentrum eines Körpers zu seinem Suspensionspunkt macht, der frühere Suspensionspunkt zum Oscillationscentrum wird, und die Dauer der Schwingungen ungeändert bleibt. Dies erlaubt eine sehr praktische Bestimmung der Länge des einfachen Sekundenpendels, welche viel genauer ist als die, welche **Huyghens** selbst und ein Jahrhundert hindurch nach ihm die Physiker anwandten.

Auf diese Benutzung des Satzes von **Huyghens** hat zuerst unser Landsmann **Bohnenberger** (gest. 1831) in seinem Lehrbuch der Astronomie vom J. 1811 aufmerksam gemacht; doch gebührt dem Engländer Kapitän **Kater** (gest. 1835), dessen Vater übrigens auch ein Deutscher war, das Verdienst, diese Idee auf eine sehr zweckmäſsige und genaue Weise wirklich ausgeführt zu haben bei Gelegenheit der Revision der englischen Maſse und Gewichte[1]. Die sorgfältig gearbeitete Stange dieses Pendels trägt zwei Schneiden, welche einander zugekehrt sind, so daſs man das Pendel, wenn es umgekehrt wird, auch um die bisher untere Schneide kann schwingen lassen. Zur Unterlage der Schneiden, deren Entfernung genau ermittelt wird, dienen Platten von Stahl oder Achat. Auf der Stange befindet sich noch ein Laufgewicht, welches so lange verschoben wird, bis die Schwingungen des Pendels sowohl in seiner ursprünglichen Lage wie in der umgekehrten vollständig gleich sind. Die Entfernung der beiden Schneiden ist dann genau die Länge des einfachen Pendels, welches der beobachteten Schwingungszeit angehört, und man kann darauf weiter durchaus zuverlässige Schlüsse

---

[1]) Philosophical Transact. 1818.

bauen. **Kater** hat ganz zweckmäſsig dieses Pendel mit dem Namen Reversionspendel belegt.

Centrifugalkraft.

259. Durch seine Untersuchungen über das Pendel wurde **Huyghens** auf eine ganz neue Lehre geführt, auf die Lehre von der Centrifugalkraft, auch Flieh- oder Schwungkraft. Es ist dies bekanntlich die Kraft oder Reaktion, welche ein bewegter Körper ausübt, wenn man ihn zwingt eine krummlinige Bahn zu beschreiben. Ein Körper, der einen Stoſs bekommen hat, bewegt sich in grader Linie fort, und zur Unterhaltung dieser Bewegung ist keine Kraft nöthig. Soll er aber aus dieser Linie abgelenkt werden, so bedarf es einer gewissen Kraft, und soll diese Ablenkung eine stetige sein, so muſs auch die Kraft stetig angewandt werden. Die Reaktion nun, welche ein bewegter Körper dieser Kraft entgegensetzt und derselben gleich ist, ist das, was man Centrifugalkraft nennt.

Der einfachste Fall dieser Kraft ist der, wo ein Körper an einem unausdehnsamen Faden herumgeschleudert, und also gezwungen wird einen Kreis zu beschreiben. Die Spannung des Fadens, der den Körper im Kreise hält, ist dann, abgesehen von der Schwerkraft, das Maſs der Centrifugalkraft. Auf diesen Fall, auf die Centrifugalkraft bei der Kreisbewegung, waren die Untersuchungen von **Huyghens** eingeschränkt. Eine kurze Anzeige der von ihm gefundenen Sätze, jedoch ohne Beweise, gab er bereits 1673 in seinem Horologium oscill., erst später bearbeitete er den Gegenstand ausführlicher und fügte die Beweise hinzu. Die Abhandlung *De motu et vi centrifuga* erschien aber erst im J. 1703 nach seinem Tode, als schon **Newton** den Gegenstand aus einem weit allgemeineren Gesichtspunkt aufgefaſst, und namentlich die Centrifugalkraft bei der elliptischen Bewegung der Himmelskörper in Betracht gezogen hatte.

Die von **Huyghens** aufgefundenen Sätze bei der Kreisbewegung sind sämmtlich, wenn man mit f die Centrifugalkraft, v die Geschwindigkeit des bewegten Körpers und mit r dessen Entfernung vom Mittelpunkt bezeichnet, in der Gleichung

$$f = \frac{v^2}{r} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (I)$$

enthalten, und verbindet man damit $v = \frac{2 r \pi}{t}$, also auch

$$f = \frac{4 r \pi^2}{t^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (II),$$

so hat man in diesen beiden Gleichungen die Mittel, aus welchen sich alle Umstände der Centrifugalkraft ableiten lassen.

Die Untersuchungen von **Huyghens** über die Schwungkraft hatten zwei merkwürdige Resultate im Gefolge.

Das erste ist die Erfindung des Centrifugalpendels, auch Cirkular- und konisches Pendel genannt, d. i. ein Pendel, welches nicht in einer Ebene schwingt, sondern bei seinen Schwingungen eine Kegelfläche beschreibt. **Huyghens** beschäftigte sich schon frühzeitig mit diesem Pendel, und es wäre nicht unmöglich, daſs ihn dies überhaupt zur Untersuchung der Centrifugalkraft geführt hätte. Er beschäftigte sich indeſs mit demselben sowohl im Horologium oscill. als in der späteren Abhandlung von 1703 nur vom theoretischen Standpunkt aus, und daher mag es denn wohl gekommen sein, daſs die Physiker der Folgezeit das Centrifugalpendel als ein bloſses Curiosum betrachtet haben.

In neuerer Zeit hat man indeſs auch den Nutzen dieses Pendels eingesehen und es mit Uhrwerken verbunden. Es hat vor dem gewöhnlichen Pendel voraus, daſs seine Bewegung keine hin- und hergehende, sondern eine stetig in sich zurücklaufende ist, und daſs es demgemäſs dem Uhrwerk auch eine stetige Bewegung mittheilt, während dasselbe von einem gewöhnlichen Pendel immer nur ruckweise bewegt wird. Daher läſst denn auch **Fraunhofer** seinen groſsen Refraktor, um die Bewegung der Erde zu

kompensiren, durch ein Uhrwerk mit Centrifugalpendel bewegen. Ein gewöhnliches Pendel wäre hier ganz unangemessen, weil dabei die beobachteten Himmelskörper immer nur durch eine sehr störende ruckweise Bewegung im Gesichtsfeld des Fernrohrs erhalten werden könnten. Wie es scheint war es der Uhrmacher **Pfaffius** zu Wesel, der ums J. 1804 zuerst Uhren mit Centrifugalpendel verfertigte, wozu er dies Pendel auf zwei gegen einander senkrechte Axen schwingen liefs.

Eine andere, und wie es scheint noch nützlichere Anwendung des konischen Pendels ersann schon früher **James Watt**, der berühmte Verbesserer der Dampfmaschine, indem er es bei dieser Maschine als Regulator für den Zuflufs des Dampfes benutzte. Die Wirkung dieses Regulators erhellt aus der Formel $f = \frac{v^2}{r}$; je gröfser die Geschwindigkeit v, desto mehr heben sich die Kugeln an den Pendelstangen und bewirken eine solche Drehung des Hahnes im Dampfrohr, dafs der Dampfzuflufs und damit die Geschwindigkeit des Ganges der Maschine gemindert wird.

Auf die Erfindung des Centrifugalpendels macht übrigens auch **Rob. Hooke** Anspruch, der sie schon 1660 gemacht haben will (§ 238). Sollten auch seine Ansprüche begründet sein, was möglich ist, so mufs man doch dabei erwägen, dafs **Huyghens** vielleicht ebenso früh und noch früher auf die Idee verfiel und dann, dafs er, wenn auch nicht in voller Allgemeinheit, die Gesetze der konischen Pendelschwingungen entwickelte, während **Hooke** weder ein theoretisches noch ein praktisches Verdienst um dieses Pendel aufzuweisen hat.

Gestalt der Erde.

260. Das zweite Ergebnifs der Huyghens'schen Untersuchungen über die Schwungkraft ist für die Wissenschaft von noch allgemeinerem Interesse, indem es den ersten Grund zu einer richtigen Erkenntnifs der Gestalt des Erdkörpers legte.

Bis zu **Huyghens'** Zeiten wurde die Erde, nach dem Beispiel der Alten, ganz allgemein als eine vollkommene Kugel angesehn, und von Zeit zu Zeit wurden Gradmessungen unternommen, um die Gröfse dieser Kugel näher festzusetzen. Auf die erste von **Eratosthenes** (geb. 276 vor Chr.) folgte etwa 200 Jahre später die von **Posidonius**, der, auf ähnliche Weise wie sein Vorgänger, aus den an zwei Orten gleichzeitig beobachteten Höhen eines Gestirns und aus der geschätzten Entfernung beider Orte, den Werth eines Meridiangrades zu bestimmen suchte. **Eratosthenes** hatte die Höhe der Sonne zu Alexandrien und Syene, **Posidonius** die des Sternes Kanopus zu Alexandrien und Rhodus für diese Untersuchung benutzt (§ 21).

Nach einem Zeitraum von etwa 900 Jahren folgte dieser Bestimmung das Unternehmen, welches der Kalif Al Mamun 827 in der Wüste Singar (Sindjar) am Arabischen Meere ausführen liefs (§ 39). Es war die erste eigentliche Messung der Erde, indem dabei die Entfernung der Stationen direkt mit der Mefskette ermittelt wurde, während sie **Eratosthenes** und **Posidonius** nur nach ungefähren Schätzungen von Reisenden und Schiffern festsetzten. Das mittlere Resultat $1^0 = 56\frac{2}{3}$ arabische Meilen ist wegen Unbestimmtheit dieses Mafses ebenso ungewifs wie die früheren.

Nächstdem machte sich **Jean Fernel**, ein seiner Zeit berühmter Arzt zu Paris, im J. 1525 an die Aufgabe, und gab die Länge eines Meridiangrades zuerst in einem uns bekannten Längenmafse an. Er bestimmte die Polhöhe von Paris und Amiens, und mafs den Abstand beider Orte, indem er die Umläufe der Räder seines Wagens zählte, wobei er denn für die Krümmungen des Weges sich ziemlich willkührliche Korrekturen erlaubte. Dennoch fand er durch zufällige Kompensation der Fehler einen leidlich angenäherten Werth $1^0 = 57\,070$ Toisen[1]).

---

[1]) J. K. E. Schmidt, Lehrb. d. math. u. phys. Geogr. I, 168; Montucla, Hist. des math. II, 316.

Neunzig Jahre später im J. 1615 unternahm **Willebrord Snell**, der Entdecker des Refraktionsgesetzes, bei Leyden die Messung, deren ich schon früher gedachte (§ 139). Sie machte Epoche in diesem Gebiet der Wissenschaft, indem dabei zum ersten Male eine Standlinie gemessen, und mit deren Hülfe die Entfernung der Endstationen durch das Verfahren der Triangulation festgestellt wurde, ein Verfahren, das überall, wo man nicht wie in der arabischen Wüste querfeldein gehen kann, sondern durch ein vielfach eingeschnittenes Terrain in seinen Operationen gehindert ist, zur Nothwendigkeit wird. Er fand 1° = 28500 rheinl. Ruthen, was 55072 Tois. macht, wenn man die 12füfsige Ruthe = 1,93236 Tois. setzt. **Snell** selbst giebt in Folge von Rechnungsfehlern 55021 Tois. [1]).

Im Laufe des XVII. Jahrhunderts wurden noch vier Gradmessungen unternommen. Die erste von dem Engländer **Rich. Norwood** in den Jahren 1633 bis 1635 zwischen London und York, theils nach **Fernel's**, theils nach **Snell's** Methode. Das Resultat war 1° = 57300 Tois., nach Andern 57424 T. Die Messung ist durch keinen Umstand bemerkenswerth, und das Resultat sehr fehlerhaft. Die zweite wird dem Holländer **Wilh. Blauew**, lat. Caesius, der 1638 starb und ein Schüler von **Tycho Brahe** war, zugeschrieben; es ist aber zweifelhaft, ob sie wirklich ausgeführt ist [2]). Die dritte unternahm **Riccioli**, unterstützt von **Grimaldi**, bei Modena; sie war nur klein und lieferte auch ein sehr fehlerhaftes Resultat, nämlich 1° = 61478 T., nach **Montucla** sogar = 62650 T. [3]). Die vierte und letzte endlich in diesem Zeitraum ward auf Befehl Ludwig's XIV. von dem schon mehrmals genannten **Picard** unternommen in den Jahren 1669 und 1670, wozu der grofse Unterschied in den von **Riccioli** und **Snell** ausgeführten Messungen, der nicht weniger als 7578 T. betrug, die nächste Veranlassung gab.

---

[1]) Schmidt, ibid. I, 169.
[2]) Schmidt, ibid. I, 171.
[3]) Montucla, Hist. II, 319.

Picard wandte hierbei nicht nur das Snell'sche Verfahren der Triangulation an, sondern benutzte auch zum ersten Male bei dergleichen Operationen Winkelinstrumente, die mit Fernröhren und Fadenkreuzen versehen waren, was seinen Messungen nothwendig einen grofsen Vorsprung vor denen der früheren Geodäten geben mufste, die nur mit Alhihaden und blofsen Augen die Winkel mafsen. Wirklich kommt auch das Resultat seiner Messung, die zwischen Amiens und Malvoisine ausgeführt wurde, der Wahrheit viel näher als alle früheren; es betrug 57060 T. für den Grad. Dies Ergebnifs ist der Wissenschaft ungemein nützlich gewesen, weil, wie ich später noch näher erwähnen werde, **Newton** dadurch in den Stand gesetzt wurde seine Spekulationen über die allgemeine Gravitation weiter zu verfolgen, während derselbe durch das fehlerhafte Resultat der Norwood'schen Messung fast irre geleitet wäre. Indefs hat dennoch später **Lacaille** gezeigt, dafs **Picard**'s Messung mit ziemlich groben Fehlern behaftet war, und die nahe Richtigkeit seines Endresultats blofs aus einer zufälligen Ausgleichung entgegengesetzter Fehler entsprang.

261. Alle diese Messungen gingen von der Voraussetzung der Kugelgestalt der Erde aus, und hatten nur den Zweck die Gröfse dieser Kugel zu bestimmen. Zwar hatte **Picard** in seinem Werk *Mesure de la terre, Paris 1671* es als eine Muthmafsung ausgesprochen, dafs, wenn die Rotation der Erde angenommen würde, Körper unter dem Aequator mit geringerer Kraft fallen müfsten als unter den Polen, und dafs daraus auch eine Verschiedenheit in der Länge der Sekundenpendel hervorgehen müfste. Allein, da weder er bei Gelegenheit einer Reise nach Uranienborg, der ehemaligen Sternwarte **Tycho Brahe**'s auf der Insel Hven im Sunde, noch der Däne **Römer** zu London eine Abweichung in der Länge des Sekundenpendels von der in Paris beobachtet hatte, so zog der Gedanke nicht weiter die Aufmerksamkeit der Physiker und Astronomen auf sich.

Um dieselbe Zeit beschloſs die pariser Akademie eins ihrer Mitglieder mit Namen **Richer** (gest. 1696) zum Behufe astronomischer Beobachtungen nach Cayenne zu senden. Er reiste Ende 1671 ab, kam dort im April 1672 an und kehrte 1673 zurück. Unter den von ihm gemachten Beobachtungen war eine besonders auffallend. Er fand nämlich, daſs seine aus Paris mitgebrachte Pendeluhr in Cayenne täglich um 2 Minuten zu langsam ging, so daſs er, um ihr einen richtigen Gang zn geben, genöthigt war das Pendel um $\frac{5}{4}$ Linien zu verkürzen. Bei seiner Rückkehr nach Paris ging nun diese Uhr zu schnell, und damit ihr Pendel wieder Sekunden gebe, muſste er es um jene $\frac{5}{4}$ Linien verlängern.

Die Sache erregte Erstaunen unter den pariser Gelehrten, und man glaubte ziemlich allgemein **Richer** habe sich geirrt. Indeſs einige Jahre darauf wurde dieselbe Beobachtung an mehreren Punkten der afrikanischen Küste und der westindischen Inseln durch **Varin** und **Deshayes** ganz in derselben Weise gemacht. Nun war an der Sache nicht mehr zu zweifeln, und es galt vielmehr sie zu erklären. Die meisten Akademiker glaubten, die Verlangsamung des Ganges der Uhr sei eine Wirkung der Wärme, welche das Pendel verlängert habe. Eine solche Verlängerung muſste das Pendel in den tropischen Gegenden allerdings erlitten haben, allein der Betrag der beobachteten Verlangsamung war doch zu groſs, als daſs er der Hauptsache nach aus dieser Quelle abzuleiten war.

Das sah nun **Huyghens** zuerst ein; obwohl er sich anfänglich mit seiner Meinung nicht übereilte, sprach er sie doch bald darauf sehr bestimmt aus. Er zeigte, daſs auf der Erde in Folge ihrer Rotation die Schwerkraft nothwendig von den Polen nach dem Aequator abnehmen müsse, und zwar aus einem doppelten Grunde. Einmal, weil die Körper von den Polen nach dem Aequator einen immer gröſseren Kreis beschreiben und damit die Schwungkraft wachse, und zweitens, weil die Richtung der Schwungkraft von den Polen nach dem Aequator hin immer mehr

mit der Richtung der Schwerkraft zusammenfällt, und daher ein immer gröſserer Theil derselben der Schwerkraft entgegenwirkt.

Somit war die Ursache der Abnahme der Pendellänge von den Polen nach dem Aequator erklärt, allein **Huyghens** hatte hierbei doch nur bestimmter ausgesprochen, was **Picard** gemuthmaſst hatte. Dagegen ging er nun auch einen bedeutenden Schritt weiter. Weil eben an allen Punkten der Erde auſserhalb des Aequators die Richtung der Schwungkraft nicht mit der Richtung der Schwerkraft zusammenfällt, so bleibt, wenn man sich die Schwungkraft in Kräfte parallel und senkrecht zur Schwerkraft zerlegt denkt, der letztere Krafttheil unkompensirt übrig. Dieser Krafttheil ist nach dem Aequator hin gerichtet, er muſs also wenigstens das Weltmeer nach dem Aequator treiben, und dieses kann daher keine vollkommene Kugelgestalt besitzen, sondern muſs an den Polen abgeplattet und an dem Aequator aufgeschwollen sein.

Da nun ferner das feste Land sich auch nirgend sehr bedeutend über die Oberfläche des Meeres erhebt, so muſs auch die Erde im Groſsen und Ganzen nicht eine Kugelgestalt, sondern eine an den Polen abgeplattete Gestalt besitzen. **Huyghens** versuchte auch die Gestalt des Erdkörpers näher zu bestimmen. Er suchte zunächst festzustellen, wie sich in einer flüssigen Masse, wenn sie rotirt, die Länge der halben Axe $= A$ zum Halbmesser des Aequators $= R$ verhalte. Er fand dabei zuvörderst die Schwungkraft am Aequator $= \frac{1}{289}$ der Schwerkraft daselbst, und dann weiter, daſs $A = R - \frac{1}{578}$ oder $A : R = 577 : 578$ sei. Er suchte auch die Kurve zu bestimmen, welche der Meridian macht und glaubte zu finden, daſs die Erde die Gestalt des Körpers habe, welcher durch Umdrehung zweier Parabeln des vierten Grades entstehe.

So entwickelt sprach **Huyghens** seine Theorie in dem kleinen Werke aus: *Discours de la cause de la pesanteur*, welches 1690 zu Leyden erschien, und später unter dem Titel *De causa gravitatis* seinen Werken einverleibt wurde.

Den ersten Theil dieser kleinen Broschüre schrieb er noch während seines Aufenthalts in Paris, also vor dem Jahr 1681, den letzten Theil, welcher die ausführlichere Entwickelung seiner Theorie enthält, später.

Um nicht ungerecht gegen **Newton** zu sein mufs ich bemerken, dafs dieser bereits vor dem J. 1690, als der Discours erschien, das Problem von der Gestalt der Erde aus einem allgemeineren und richtigeren Gesichtspunkt behandelt hatte. Denn während noch **Huyghens** annahm oder bei seinen Rechnungen voraussetzte, dafs die Schwerkraft ihren Sitz allein im Mittelpunkt der Erde habe, betrachtete schon **Newton** bei dieser Aufgabe alle Theile der Erde als schwer. Das geschah in seinem berühmten Werk *Principia philosophiae naturalis*, welches 1687 erschien. Als **Huyghens** den letzten Theil des Discours schrieb, der als Addition davon gesondert ist, waren ihm die Principia bekannt, und er spricht von ihnen mit grofser Anerkennung, obwohl er doch die Entwicklung darin nicht für ganz richtig gehalten haben mufs.

Wenn **Huyghens** in dieser Aufgabe gegen **Newton** zurückblieb, so mufs man doch anerkennen, dafs es die durch ihn erfundenen Pendeluhren waren, die das Mittel lieferten die Abweichung der Erde von der Kugelgestalt zu erkennen, und später auch die Gestalt näher zu bestimmen. Es ist dies einer der ersten und wichtigsten Dienste, welche die Pendeluhren der Physik geleistet haben.

Schliefslich will ich noch bemerken, dafs **Huyghens** auch auf experimentellem Wege bewiefs, dafs die Erde durch ihre Rotation eine abgeplattete Gestalt annehmen müsse. Er steckte nämlich eine Kugel von weichem Thon auf eine Axe, und versetzte diese in Drehung. Da sah er dann, dafs die Kugel sich auf der Axe abplattete und an ihrem Aequator anschwoll. Auch will ich noch hinzufügen, dafs mit dem Beweis von der abgeplatteten Gestalt der Erde zugleich der erste Satz der kopernikanischen Lehre, der Satz von der Rotation der Erde, auf das Entschiedenste bewiesen wurde.

Theorie des Stofses.

262. Nun habe ich noch von einem Theil der mechanischen Naturlehre zu reden, zu dessen Erweiterung **Huyghens** nicht unwesentlich beigetragen hat; ich meine die Lehre vom Stofs oder von der Mittheilung der Bewegung.

Die Theorie des Stofses ist von **Galilei** noch gar nicht bearbeitet worden. Er macht in dieser Beziehung blofs die sehr richtige Bemerkung: die Kraft des Stofses sei im Vergleich zur Kraft des Druckes unendlich grofs; Stofs und Druck seien unvergleichbare Gröfsen. Welchen Gesetzen aber der Stofs unterworfen sei, das liefs er ganz unerforscht. Der erste, welcher einsah, dafs beim Zusammenstofsen zweier Körper bestimmte Gesetze obwalten, war **Descartes**. In seinem Bemühen aber die Gesetze des Stofses aufzufinden, war dieser sonst so scharfsinnige Mann sehr unglücklich. Wie unrichtig seine Resultate waren, kann man schon aus einem der von ihm aufgestellten Sätze ersehen, welcher lautet: Trifft ein kleiner sich bewegender Körper einen gröfseren, welcher ruht, so bleibt dieser in Ruhe, und der kleinere fliegt mit seiner ganzen Geschwindigkeit zurück!

Descartes macht beim Stofs auch keinen Unterschied zwischen elastischen und unelastischen Körpern. Schon **Deschales** wies das Irrige dieser Lehre nach, und selbst **Clerselier** ein Schüler von **Descartes** erhob dagegen verschiedene Einwendungen [1]). Indefs wurde damit nichts besseres an die Stelle gesetzt, und selbst was **Borelli** leistete in *De vi percussionis, Bol. 1666*, liefs noch sehr viel zu wünschen übrig. Da sprach nun die königl. Gesellschaft zu London, welche den Mangel fühlte, im J. 1668 öffentlich den Wunsch aus, dafs die Mathematiker unter ihren Mitgliedern sich doch aufs Neue der Lehre vom

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. I, 357, 359.

Stofse annehmen möchten. Diese Aufforderung war erfolgreich, denn es fanden sich dadurch mit einem Male drei Männer der Gesellschaft veranlafst das Problem des Stofses näher zu erforschen, nämlich **Wallis**, **Wren** und **Huyghens**.

John Wallis, geb. 1616 zu Ashford in Kent, ein ausgezeichneter Mathematiker seiner Zeit, bekleidete an der Universität zu Oxford die durch Sir Savile gestiftete Professur der Mathematik bis an seinen Tod im J. 1703. Er hat aufser mehreren theologischen und philosophischen Werken eine grofse Anzahl mathematischer Abhandlungen und verschiedene einzelne Werke geschrieben, die ihm einen bleibenden Ruf erworben; so seine Arithmetik des Unendlichen und seine Mechanik, u. A. ist er es, der für π den gefälligen Ausdruck gegeben hat:

$$\tfrac{1}{2}\pi = \frac{2.2.4.4.6.6\ldots}{1.3.3.5.5.7\ldots}.$$

Christopher Wren, geb. 1632 zu Knoyle in Wiltshire, der Sohn eines Pfarrers, gest. 1723 zu London im 91. Lebensjahr. Er war Prof. der Mathematik am Gresham College in London, später an der Universität zu Oxford. Aber mehr noch denn als Mathematiker ist er bekannt und berühmt als Baumeister; eine grofse Anzahl der Gebäude des heutigen Londons verdankt ihm seine Entstehung, so das Monument zum Andenken an den grofsen Brand von London 1666, die Paläste zu Hampton-Court und Winchester, das Spital zu Chelsea und ein Theil des von Greenwich, und vor Allem sein Hauptwerk die Paulskirche, die er innerhalb 35 Jahren von 1676 bis 1710 erbaute, nach eigenem Plan und nicht, wie man gewöhnlich angiebt, nach dem Muster der Peterskirche in Rom. Man zählt über 60 Kirchen und öffentliche Gebäude, die er von 1668 bis 1718 vollendete. Man sollte glauben ein Mann von solcher Thätigkeit hätte wenig Mufse zu rein wissenschaftlichen Arbeiten gehabt, und doch hat er eine bedeutende Zahl von Abhandlungen aus dem Gebiet der Physik, Mathematik, Mechanik, Baukunst u. s. w.

geschrieben, die theils in den Philosoph. Transactions erschienen, theils von **Wallis** und Anderen herausgegeben sind. Er selbst hat nicht ein einziges edirt.

Was nun die erwähnten Preisschriften über die Theorie des Stoſses betrifft, so reichte **Wallis** die seinige am frühesten ein, nämlich am 26. Nov. 1668; dann **Wren** am 17. Dec. 1668, und endlich **Huyghens** am 4. Jan. 1669, er soll jedoch schon seit dem Jahre 1663 im Besitz der von ihm aufgefundenen Gesetze gewesen sein.

Wallis betrachtete in seiner Schrift nur den centralen Stoſs, d. h. denjenigen Stoſs, bei welchem der stoſsende Körper sich in einer Linie bewegt, die von seinem Schwerpunkt zum Schwerpunkt des gestoſsenen Körpers geht; ist dies nicht der Fall, so ist der Stoſs ein schiefer. **Wallis** betrachtete also den centralen Stoſs zwischen unelastischen Körpern, und löste diese Aufgabe vollständig; er gab die noch gültige Formel

$$u = \frac{mv \pm m'v'}{m + m'},$$

in welcher v und v' die Geschwindigkeiten der Massen m, m' vor dem Stoſse, u die Geschwindigkeit von $m + m'$ nach dem Stoſse bezeichnen, und welche alle Fälle des centralen Stoſses unelastischer Körper einschlieſst. Die Arbeit von **Wallis** ist auch noch dadurch merkwürdig, daſs darin zum ersten Male vom Mittelpunkt des Stoſses, Centrum percussionis, die Rede ist, ein Punkt, der in Betracht kommt, wenn der gestoſsene Körper nicht ganz frei ist, sondern in einem Punkt oder einer Linie befestigt ist. Legt man durch diese Linie oder Axe und den Schwerpunkt des Körpers eine Ebene, so heiſst Mittelpunkt des Stoſses derjenige Punkt, in welchem man senkrecht gegen die Ebene den Stoſs anbringen muſs, wenn die Axe nichts von der Wirkung desselben empfinden soll. **Wallis** betrachtete nur den einen Fall, wo dieses Centrum percussionis mit dem Centrum oscillationis zusammenfällt, erst **Joh. Bernoulli** hat später den Gegenstand ins gehörige Licht gesetzt.

Was andererseits **Wren** und **Huyghens** betrifft, so betrachteten sie in ihren Abhandlungen nur den Stofs elastischer Körper. Beide entwickelten ihre Theorie in grofser Kürze, Eleganz und Allgemeinheit, aber ohne Beweise. Die von ihnen für den centralen Stofs aufgefundenen Sätze sind sämmtlich in den beiden Formeln enthalten:

$$u = \frac{mv + m'v + n(v' - v)m'}{m + m'} \quad \text{(I)}$$

$$u' = \frac{mv' + m'v' - n(v' - v)m}{m + m'} \quad \text{(II)}.$$

Im Februar desselben Jahres 1669 sandte **Huyghens** noch einen Nachtrag zu seiner Abhandlung ein, worin er u. A. den folgenden merkwürdigen Satz anzeigte:

$$mv^2 + m'v'^2 = mu^2 + m'u'^2,$$

d. h. die Summe der Produkte aus den Massen in die Quadrate der Geschwindigkeiten vor und nach dem Stofse elastischer Körper sind gleich grofs. Es ist dies die erste Anzeige und Anwendung von einem der allgemeinen Sätze der theoretischen Mechanik, desjenigen nämlich, welcher späterhin den Namen des Satzes von der Erhaltung der lebendigen Kräfte bekommen hat, weil **Leibnitz** das Produkt der bewegten Masse in das Quadrat ihrer Geschwindigkeit die lebendige Kraft nannte.

Späterhin hat **Huyghens** die ganze Lehre vom Stofse, mit sinnreichen Beweisen ausgestattet, in einer eigenen Schrift entwickelt, betitelt: *De motu corporum ex percussione*, die 1703 in seinen hinterlassenen Werken erschien. Diese ersten theoretischen Untersuchungen über den centralen Stofs riefen später die ähnlichen über den schiefen oder excentrischen Stofs hervor von **Joh. Bernoulli, Dan. Bernoulli** und **Euler.** Sie gaben auch Veranlassung zu experimentellen Vorrichtungen, um die Richtigkeit der vorhandenen Gesetze zu prüfen. **Wren** selbst hatte, ehe er seine Resultate bekannt machte, dieselben durch Versuche mit Pendeln geprüft und **Mariotte** ersann zu diesem Zweck

seine Perkussionsmaschine, die man noch in unseren physikalischen Kabineten antrifft.

Doppelbarometer.

263. Zu den Leistungen von **Huyghens** im Gebiet der mechanischen Physik gehören endlich noch ein Paar vereinzelte, von denen ich nur folgende hervorheben will. So zunächst die Konstruktion des sogen. Doppelbarometers, eine der vielen Vorrichtungen, die man früher ersann, um die Bewegung des Barometers zu vergröfsern, später aber als unzweckmäfsig wieder verlassen hat.

Das Doppelbarometer von **Huyghens** hatte die Form eines Heberbarometers, Fig. 32, dessen beide Schenkel an den Stellen, wo die Bewegung des Quecksilbers stattfindet, in *a* und *b* eine gleich grofse Erweiterung besafsen. Ueber *b* verengte sich die Röhre wieder, welche oben offen war, und in dem Raum von *b* bis *d* eine Flüssigkeit enthielt, die nicht gefriert und das Quecksilber nicht auflöst; **Huyghens** wählte dazu Wasser mit $\frac{1}{8}$ Scheidewasser. Wenn nun das Quecksilber in *a* fällt, so steigt es ebensoviel in *b* und treibt dadurch die Flüssigkeit in *bd* bedeutend in die Höhe. **Huyghens** beschrieb diese Vorrichtung im Journal des savants von 1672, sie erwies sich aber wegen Verdunstung der Flüssigkeit, deren Adhäsion an der Röhre und Volumenänderung durch die Wärme als unzuverlässig.

Fig. 32.

Merkwürdiger ist eine Beobachtung, welche **Huyghens** bei Versuchen mit der Luftpumpe zu machen Gelegenheit hatte. Er füllte eine unten zugeschmolzene Glasröhre recht sorgfältig mit Wasser, so dafs keine Luft am Glase hängen blieb; dann kehrte er sie in Wasser um, brachte sie unter die Luftpumpe und evakuirte. Da sah er denn, dafs das Wasser, obgleich der Luftdruck fortgenommen war, nicht vom Glase losliefs, nicht sank und nicht ausflofs. Er wiederholte darauf den Versuch mit Quecksilber, mit dem er eine 75 Zoll lange Röhre füllte. Ungeachtet diese Quecksilbersäule mehr als dreimal den atmosphärischen Luftdruck

überwog, blieb sie dennoch hängen, und erst, wenn man sie schüttelte und klopfte, sank sie plötzlich auf ihre gewöhnliche Höhe von 28 Zoll herab. Die geringste Luftblase zwischen dem Wasser oder Quecksilber und dem Glase bewirkte, dafs das Phänomen nicht mehr auftrat.

Huyghens theilte diese beim Wasser schon im Dec. 1661 gemachte Beobachtung im J. 1672 der londoner Gesellschaft mit, nachdem er sie zuvor im Journal des savants bekannt gemacht hatte. Sie erregte grofses Aufsehen und veranlafste verschiedene Hypothesen, die aber das Phänomen nicht aufklärten. Auch jetzt noch ist es in mancher Beziehung räthselhaft, obgleich wohl einleuchtet, dafs es den Adhäsionserscheinungen beizuzählen ist. Späterhin haben **Watt**, **Southern** und neuerlich **Magnus** ein ganz ähnliches Phänomen beobachtet, letzterer bei seiner Untersuchung über die Spannkraft der Dämpfe.[1])

Uebrigens hat **Huyghens** noch eine beträchtliche Anzahl Versuche über das Verhalten der Körper im Vakuum angestellt, gröfstentheils in Gemeinschaft mit **Papin**, die ich aber übergehe, da sie gegenwärtig von keinem besonderen Interesse sind.

Saturn.

264. Ich will mich nun zur zweiten Abtheilung der Leistungen des grofsen Mannes wenden, nämlich seine Verdienste um die physische Astronomie und Lehre vom Lichte auseinander setzen. Wie seine Arbeiten im Felde der Mechanik hauptsächlich vom Pendel ausgingen, so war es andererseits das Fernrohr, welches ihn auf das Gebiet der Astronomie und Optik führte. Schon die Eröffnung dieser Laufbahn ward durch eine glänzende Entdeckung gekrönt, durch die Entdeckung des Saturnringes, die **Huyghens** als junger Mann von 26 Jahren machte.

Die Entdeckung dieses Ringes steht höher als die gewöhnlichen Entdeckungen in der physischen Astronomie,

---

[1]) **Poggendorff**, Ann. LXI, 225, 248.

weil sie nicht blofs ein Fernrohr, gutes Auge und einiges Glück erfordert, sondern daneben eine Kombinationsgabe, die nicht jedem eigen ist, abgesehen davon, dafs sie einen Körper betrifft, zu dem man bisher noch kein Seitenstück in unserm Planetensystem aufgefunden hat. Von der Richtigkeit dieser Bemerkung zeugt der Umstand, dafs mehrere Physiker und Astronomen vor **Huyghens** den Ring des Saturns beobachteten, ohne zu wissen, was sie eigentlich vor sich hatten.

Schon gleich nach der Erfindung der Fernröhre im J. 1610 bemerkte **Galilei**, dafs der Saturn nicht ganz rund sei, sondern eine sehr eigenthümliche Gestalt habe; er nannte ihn dreifach. Da er ihn aber bei einer zweiten Beobachtung völlig rund erblickte, so achtete er nicht weiter auf die Erscheinung. Im J. 1640 ward sie von **Gassendi** gesehen, später dann ums J. 1650 von **Riccioli** und **Grimaldi**, welche letztere bemerkten, der Saturn sei wie mit Henkeln versehn. Am eifrigsten beschäftigte sich mit diesem Phänomen der als beobachtende Astronom so ausgezeichnete **Joh. Hevel** in Danzig. Dieser fand, dafs der Saturn in seinem Ansehn eine 15jährige Periode darbiete, er beschrieb dasselbe genau, und belegte sogar die Phasen desselben mit besonderen Namen. Die Schrift *Dissertatio de nativa Saturni facie ejusque phasibus certa periodo redeuntibus*, welche 1656 in Danzig erschien[1]), ist ein rühmliches Dokument seines Fleifses und seiner Ausdauer, hat aber zur Aufklärung des Phänomens keinen Beitrag geliefert. Selbst der berühmte **Dom. Cassini** vermochte den Knoten nicht zu lösen; er begnügte sich nach Ansicht der Hevel'schen Schrift die Vermuthung auszusprechen, es möge wohl der Saturn mit einem Schwarm von dicht zusammenstehenden Monden umgeben sein.

So stand die Sache als **Huyghens** den Saturn zu beobachten anfing, und in kurzer Zeit auf den Grund der Erscheinung kam. Er fand, dafs sich das veränderliche An-

[1]) Nach Montucla, Hist. etc. II, 549 bereits anno 1649.

sehen des Planeten erklären lasse, wenn man annehme, daſs er in einem bestimmten Abstande von einem koncentrischen Ringe umgeben werde, der eine gewisse Neigung gegen die Ekliptik habe, und, wie er später entwickelte, beständig eine parallele Lage behaupte.* **Huyghens** machte diese wichtige Entdeckung, die durch fernere Beobachtungen nur weiter ausgebildet worden ist, im J. 1655, und veröffentlichte sie in einer Schrift von wenig Seiten: *De Saturni luna observatio nova,* welche im März 1656 zu Haag erschien. Die Veröffentlichung war indeſs nur eine geheime, nach Sitte jener Zeit eine aenigmatische, indem er nämlich die Entdeckung gab mit den Buchstaben:

$$a_7\ c_5\ d_1\ e_5\ g_1\ h_1\ i_7\ l_4\ m_2\ n_9\ o_4\ p_2\ q_1\ r_2\ s_1\ t_5\ u_5,$$

wo die kleinen Ziffern angeben, wie oft der Buchstabe vorkommt. Die Auflösung dieses Anagramms ist:

Saturnus cingitur annulo tenui, plano, nusquam cohaerente et ad eclipticam inclinato.

Er gab sie in dem Werke, welches eine vollständige Auseinandersetzung seiner Beobachtungen und seiner Ansichten enthält, und den Titel führt: *Systema saturnium.* Es erschien zu Haag im Juli 1659, und ist dem Prinzen Leopold von Medici gewidmet. Darin ist ausführlich entwickelt, daſs die Ebene des Ringes sich selbst immer parallel bleibt, und mit dem Aequator des Saturns zusammen fällt.

Schon der Titel der kleinen vorhin genannten Schrift vom J. 1656 sagt, daſs mit der Entdeckung des Saturnringes noch eine andere verknüpft war, nämlich die eines Mondes dieses Planeten. Die Entdeckung dieses Mondes ist freilich der des Ringes nicht gleich zu stellen, war indeſs für die Erweiterung unserer Kenntniſs vom Sonnensystem nicht unwichtig.

Bis zu **Huyghens'** Zeiten kannte man an Monden auſser dem unserer Erde nur die vier des Jupiters, denn die sechs Monde, welche der Pater **Anton Maria de Rheita**, der Erfinder des Erdfernrohrs (§ 85), entdeckt haben wollte, hatte

derselbe, wie **Huyghens** genügend nachgewiesen hat, sicher nicht gesehen, obwohl die Folgezeit wunderbar genug die Illusionen dieses Mannes zur Wahrheit gemacht hat. Es war also die Entdeckung eines Trabanten um einen Planeten, von welchem man bis dahin noch keinen kannte, eine Sache von Werth. **Huyghens** machte seine Entdeckung am 25. März 1655, und bestimmte später die Umlaufszeit desselben ziemlich richtig zu 15 Tagen 22 Stunden 39 Minuten. Es ist dieser Mond von den Saturnmonden der gröſseste, und wie sich später gezeigt hat, der 6te in der Reihe vom Planeten aus. In § 244 ist bereits eine übersichtliche Zusammenstellung von der Reihenfolge und Entdeckungszeit dieser Monde gegeben.

Huyghens' Erklärung von den Aspekten des Saturns fand einen Widersacher in Italien an dem seiner Zeit berühmten optischen Künstler **Eustachio di Divini** oder eigentlich dem Pater **Honoré Fabri**, der jenen nur vorschob und selbst Verfasser der Schrift: *Brevis annotatio in systema saturnium Christiani Hugenii*, *Romae 1660* war, wogegen sich **Huyghens** vollkommen rechtfertigte in *Brevis assertio systematis Saturnii sui, Hagae 1660* (s. § 165, 166). Eine spätere Schrift vom J. 1684, worin ein gewisser **Gallet** alle am Saturn und Jupiter gemachten Entdeckungen für optische Täuschungen erklärt, lieſs **Huyghens** wie billig unbeantwortet.

Fernrohr.

265. Unter den optischen Leistungen **Huyghens**' nehmen seine Bemühungen die Fernröhre zu vervollkommnen der Zeit nach eine der ersten Stellen ein; das Bedürfniſs dazu muſs sich ihm wohl bei seinen astronomischen Beobachtungen herausgestellt haben. Seine Arbeiten auf diesem Gebiet sind sowohl theoretischer wie praktischer Natur. Zu den Resultaten der letzteren gehört ein Verfahren zur Schleifung teleskopischer Linsen, welches er im J. 1660 der londoner Gesellschaft mittheilte, und ihm, weil

es die damals bekannten weit übertraf, die Aufnahme in diese Korporation erwarb.

Dann ist **Huyghens**, wenn auch nicht der Erfinder, doch der Hersteller des sogenannten Luftfernrohrs, eines Instruments, das freilich jetzt nicht mehr von Nutzen sein kann, und daher längst aufser Gebrauch ist, aber damals als die Konstruktion des Fernrohrs noch in ihrer Kindheit lag, grofse Dienste leistete. Es wurde hervorgerufen durch die Schwierigkeit, welche man empfand, die übermäfsig langen Fernröhre gehörig zu bewegen. Ein gewisser **Bossal** zu Toulouse machte zu diesem Behufe 1681 den Vorschlag die Fernröhre vollkommen befestigt aufzustellen, und das Bild des zu beobachtenden Himmelskörpers durch einen Spiegel hineinzuschicken, ein Vorschlag, der mehrfache Mängel hat. Zwei andere Astronomen **Comiers** und **Auzout** dagegen riethen, und zwar ersterer schon 1666, das Rohr ganz fortzulassen und die beiden Linsen, das Objektiv und das Okular, aufzuhängen.

Dieser letzte Vorschlag war es, welchen **Huyghens** zur Ausführung brachte, obwohl es nicht gewifs ist, dafs er durch **Comiers**'s und **Auzout**'s Idee darauf geleitet worden sei. Er beschrieb seine Einrichtung im J. 1684 in einer zu Haag erschienenen Abhandlung: *Astroscopia compendiaria tubi optici molimine liberata.* Mit einem solchergestalt eingerichteten Fernrohr von 123 Fufs Länge, und zwar mit einem Objektiv, welches **Huyghens** mit eigener Hand geschliffen hatte, beobachteten die Astronomen **Pound** und **Bradley** im J. 1718 die Saturntrabanten zuerst in England (§ 244), wo man bis dahin die Existenz dieser Weltkörper auf das Wort von **Huyghens** und **Cassini** hatte annehmen müssen. **Auzout** hatte sogar ein Objektiv von 600 Fufs Brennweite, konnte dasselbe aber aus Mangel an einer Vorrichtung zum Aufstellen nicht gebrauchen.

Huyghens ist ferner nach **Gascoigne** der erste, welcher die Fernröhre mit einem Mikrometer versah, um damit den Durchmesser von Himmelskörpern sowie überhaupt kleine

Winkel zu messen; er ist wenigstens der erste, der eine solche Vorrichtung beschrieben hat, und zwar in seinem Systema saturnium 1659. **Gascoigne** publicirte selbst nichts und die übrigen Erfinder, wie **Malvasia**, **Hooke** u. s. w. thaten es später. Das Mikrometer von **Huyghens** war übrigens, obwohl damit alle Messungen am Saturn gemacht sind, nicht zweckmäfsig, wie dies bereits bei der Beschreibung desselben § 239 erwähnt ist.

Ein anderes praktisches Verdienst erwarb sich **Huyghens** dadurch, dafs er den ersten Versuch machte, die relative Helligkeit zweier Lichter zu messen; es war der erste, wenn auch unvollkommene Schritt zur Photometrie, eines Zweiges der Optik, welcher später durch die Arbeiten von **Bouguer** eine wissenschaftliche Gestalt erhalten hat, aber dessen ungeachtet noch gegenwärtig viel zu wünschen übrig läfst. **Huyghens** stellte einen Vergleich an zwischen dem Licht der Sonne und dem des Sirius und zwar dadurch, dafs er die Sonne durch ein 12 Zoll langes Rohr betrachtete, das an einem Ende eine Oeffnung von $\frac{1}{12}$ Linie, und am andern Ende ein mikroskopisches Glaskügelchen von $\frac{1}{24}$ Linie Halbmesser trug. Er berechnete, dafs er mittelst dieser Vorrichtung $\frac{1}{27664}$ der Sonne übersehen könne, und da ihm dieser Theil der Sonne so hell erschien wie der Sirius bei Nachtzeit, so schlofs er, die Sonne sei 27664 mal heller, als der Sirius. Veröffentlicht wurde dies Verfahren erst nach seinem Tode in dem Werke *Kosmotheoros*, welches 1698 zu Haag erschien.

Höfe und Nebensonnen.

266. Zu den Arbeiten im Gebiet der theoretischen Optik gehört zunächst eine Abhandlung über die Höfe und Nebensonnen. **Huyghens** schrieb sie auf Veranlassung eines derartigen am 12. März 1667 zu Paris beobachteten Phänomens, las sie erstlich in der pariser Akademie und theilte sie dann auch der londoner Gesellschaft mit, welche sie in die Philosoph. Transactions von 1670 einrückte. Ausgearbeiteter erschien diese Abhandlung später unter

dem Titel: *Dissertatio de coronis et parheliis* im J. 1703 in den Oper. posthumis.

Das zwar nicht häufige aber unter günstigen Umständen so auffallend hervortretende Phänomen der Höfe und Nebensonnen war schon seit **Aristoteles'** Zeiten bekannt, und hatte namentlich im XVII. Jahrhundert durch ein Paar sehr ungewöhnliche und zugleich sorgfältig beschriebene Fälle die Aufmerksamkeit der Physiker erregt. Pater **Scheiner** sah im J. 1629 die Sonne von zwei koncentrischen Farbenkreisen mit den Durchmessern 45° und 90° umgaben, und auf denselben so wie auf einem durch die Sonne gehenden weißen Horizontalkreis 6 Nebensonnen stehen, zwei über der Sonne und zwei auf jeder Seite derselben, wo der horizontale Kreis die beiden farbigen durchschneidet. Man hat später diese Stufe der Ausbildung des Phänomens das römische Phänomen genannt (§ 88). Einen ähnlichen Fall beobachtete der fleißige **Hevel** am 30. März 1660 zu Danzig und zwar an dem Mond, wo das Phänomen wegen der Lichtschwäche des Gestirns selten oder nie so ausgebildet vorkommt. Zwei koncentrische Ringe oben durch andere Bogenstücke berührt umgaben den Mond, und auf dem inneren Ringe standen 2 Nebenmonde mit auswärts gekehrten Schweifen. Ein noch komplicirteres Phänomen sah derselbe am 20. Februar 1661 an der Sonne, welches sogar das von **Scheiner** gesehene übertraf.

Derartige auffallende Erscheinungen mußten wohl in einer so regen Zeit, wie es die zweite Hälfte des XVII. Jahrhunderts war, die Physiker zum Nachdenken anspornen, und wirklich finden wir, daß bereits **Descartes** in seinem Buche *De meteoris* die Aeußerung ausspricht, es möchten wohl die Ringe und Höfe durch Eisnadeln oder Eissternchen, wie er sagt, gebildet werden, an denen das Licht eine Reflexion oder Refraktion erleide. Durch diese hingeworfene Idee, und durch ein im J. 1658 zu Warschau beobachtetes Phänomen von 5 Nebensonnen, wurde **Huyghens** veranlaßt über den Gegenstand nachzudenken, und die

Ansicht bei sich auszubilden, die er kurz nach der Erscheinung von 1667 vortrug.

Die von **Huyghens** aufgestellte Theorie hat den ersten Schritt zum Verständnifs eines Phänomens geliefert, welches bis dahin ein völliges Räthsel war, und wenn sie auch von Hypothesen ausgeht, deren Wahrscheinlichkeit eben nicht grofs ist, so mufs man doch zugeben, dafs sie für die Höfe gröfserer Art d. h. für die Farbenringe von 45° und 90° den gröfsesten Theil der Erscheinungen ziemlich plausibel erklärt. **Huyghens** nimmt an, es schweben zur Zeit des besagten Phänomens Eiskügelchen etwa Hagelkörner in der Luft, die einen undurchsichtigen Kern einschliefsen, und von einer durchsichtigen Hülle umgeben sind, in welcher das Licht nach dem Snell'schen Refraktionsgesetz gebrochen wird. Er zeigt dann durch Rechnung und Zeichnung, dafs das Resultat dieser Voraussetzung mit der Erfahrung übereinstimmt, wenn man die Durchmesser des undurchsichtigen und des durchsichtigen Theils für die Ringe von 45° im Verhältnifs 48 : 100, und für die von 90° wie 68 : 100 annimmt.[1])

Für die Nebensonnen postulirt **Huyghens** ähnlich konstruirte Eiscylinder, und den weifsen Horizontalkreis, der fast nie bei dem Phänomen fehlt, läfst er durch Reflexion des Lichts an der Oberfläche dieser Cylinder entstehen. Für gewisse Partikularitäten in dem von **Scheiner** beobachteten Phänomen sieht **Huyghens** sich genöthigt, den Eiscylindern noch andere Formen beizulegen.

Diese Hypothesen sind allerdings etwas komplicirt, und sie entsprechen auch wenig unseren gereifteren Kenntnissen von der Krystallisation des Eises; aber sie genügten doch vor der Hand, und bahnten den Weg zu befriedigenderen Erklärungen. Durch sie wurde **Mariotte** veranlafst in seinem *Essai sur la nature des couleurs* vom J. 1681 die Entstehung der Ringe aus der Brechung des Lichts in dreiseitigen Eisprismen abzuleiten, eine Theorie, die mit

---

[1]) Wilde, Gesch. der Optik II, 279, 280.

der gegenwärtigen für richtig gehaltenen, ziemlich übereinstimmt (§ 216).

Doppelbrechung und Lichttheorie.

267. Die bisher genannten Leistungen von **Huyghens** sind an Zahl und Werth so bedeutend, dafs sie gewifs vollkommen hinreichen würden mehr als einem Physiker, die sich darin theilten, einen guten Namen in der Geschichte der Wissenschaft zu erhalten, aber sie insgesammt verschwinden doch gegen eine, die ich absichtlich bis zuletzt verspart habe, weil sie allen übrigen die Krone aufsetzt. Es ist das Verdienst, welches sich **Huyghens** um die Kenntnifs der doppelten Strahlenbrechung, und die darauf gebaute Theorie des Lichts erworben hat. Dies Verdienst allein würde **Huyghens** die Unsterblichkeit sichern, auch wenn nichts weiter von ihm bekannt geworden wäre.

Das Dokument, welches diese Frucht seines Genies auf die Nachwelt gebracht hat, ist eine kleine Schrift von nicht ganz 16 Bogen, welche im J. 1690 unter dem Titel: *Traité de la lumière* zu Leyden erschien. Sie ist in Form und Inhalt eins der ausgezeichnetsten und geistreichsten Werke der älteren Physik, und würde, selbst wenn sie zu Anfang des gegenwärtigen Jahrhunderts erschienen wäre, ihren Urheber zum Physiker ersten Ranges stempeln, denn bis zu dieser in unsere Zeit hineinragenden Epoche stand sie in ihrer Art unübertroffen, aber auch leider völlig unverstanden da!

Der Traité de la lumière von **Huyghens** ist ein recht augenfälliges Beispiel, wie ungemein schwierig es ist eine unpartheiische Geschichte der Physik zu schreiben, besonders für die späteren Zeiten, wo die Untersuchungen noch nicht bis zu einem gewissen Punkte abgeschlossen, die streitigen Ansichten noch nicht geschlichtet sind. **Huyghens**, gestützt auf die Erscheinung der Doppelbrechung im Kalkspath, kam zu der Ueberzeugung, und zwar viel klarer und bestimmter, als es bei **Grimaldi** der Fall war, dafs das Licht aus den Schwingungen eines überall verbreiteten

imponderablen Wesens bestehen müsse, und dafs es demgemäfs auf eine analoge Weise fortgepflanzt werde wie der Schall in Luft.

Durch diese Idee erklärte er nicht nur die Reflexion und Refraktion des Lichts in gewöhnlichen unkrystallisirten Mitteln, sondern auch das wunderbare Phänomen der Bifurkation der Strahlen im Kalkspath und ähnlichen Krystallen so vollkommen, und belegte alle Umstände so genau durch Messungen, dafs man hätte glauben sollen, seine Theorie würde unverzüglich die vollste Anerkennung von den Physikern seiner Zeit gefunden haben. Aber gerade das Gegentheil war der Fall! **Huyghens** veröffentlichte seine Ideen und Messungen zuerst im J. 1678. Ein böses Fatum hatte gewollt, dafs neun Jahre früher 1669 sein grofser Zeitgenosse und Nebenbuhler **Isaac Newton**, hauptsächlich gestützt auf Versuche mit Glasprismen, und offenbar auch geleitet durch die glücklichen Erfolge der Gravitationstheorie, gerade die entgegengesetzte Ansicht vom Licht aufstellte oder in Schutz nahm; dafs nämlich das Licht aus konkreten Theilchen bestehe, die mit ungeheurer Schnelligkeit vom leuchtenden Körper ausgesandt werden, und je nach Umständen von dem beleuchteten Körper eine Abstofsung oder Anziehung erfahren. Diese Theorie, die Emissions- oder Emanationstheorie, ward sogleich bei ihrem Erscheinen von den Zeitgenossen mit Beifall aufgenommen, und setzte sich sehr bald auf eine unerschütterliche Weise in den Köpfen fest. Keiner wagte aus Scheu oder Achtung vor ihrem berühmten Urheber auch nur den leisesten Zweifel in ihre Richtigkeit zu setzen.

Da nun trat **Huyghens** mit seiner Undulationstheorie hervor, und sie, die vielleicht einige Anhänger gefunden hätte, blieb völlig unbeachtet. Selbst **Newton**, als er sich später mit dem der Emissionstheorie so widerstrebenden Phänomen der Doppelbrechung beschäftigte, stellte von demselben lieber eine falsche Erklärung auf, als dafs er seine Ansichten vom Licht verlassen hätte.

Newton und seinen Zeitgenossen ist diese gänzliche Verkennung der Verdienste **Huyghens'** um das Licht noch allenfalls zu verzeihen, aber daſs die Nachkommen sich in gleichem Maſse dieser Sünde theilhaftig machten, daſs es länger als ein Jahrhundert dauerte, ehe ein Einziger sich die Mühe gab, so tief in den Geist der Huyghens'schen Theorie einzudringen, als zu einer Prüfung und Vergleichung derselben mit der Newton'schen erfordert wird, das ist wirklich ein trüber Fleck in der Geschichte der Physik, und ein recht einleuchtender Beweis, wie schädlich die Autorität eines groſsen Geistes auf die nachfolgenden Zeiten einwirken kann, wenn sie sich so weit steigert, daſs dadurch die unbefangene Forschung unterdrückt wird.

Zwar trat um die Mitte des vorigen Jahrhunderts unser Landsmann **Leonhard Euler** für **Huyghens** in die Schranken, und entwickelte in einigen Abhandlungen, die den Denkschriften der berliner Akademie von 1746 und 1752 einverleibt sind, die Vorzüge der Undulationstheorie vor der Emissionstheorie, allein da er den Gegenstand nur vom mathematischen Standpunkt aus auffaſste, mehr die Inkonsequenzen der Newton'schen Theorie nachwies, als die Huyghens'sche gegen verschiedene besonders von der Dispersion hergenommene Einwürfe zu rechtfertigen verstand, auch keine experimentelle Prüfung unternahm, um die Richtigkeit der Huyghens'schen Vorstellungen an den zwei Hauptkriterien, den Phänomenen der Beugung und Doppelbrechung, darzuthun, so mochte er wohl hie und da einen offenen Kopf in dem Glauben an **Newton** wankend gemacht haben, aber im Ganzen blieb die Lehre des groſsen Briten unerschüttert stehen, wie alle Handbücher der Physik von jener Zeit bis zum Ende der XVIII. Jahrhunderts, und selbst noch weit darüber hinaus, aufs Sattsamste beweisen.

Erst einem Landsmann **Newton's**, dem scharfsinnigen **Thomas Young**, war es vorbehalten, in den Jahren 1801 bis 1803 die fast vergessene Undulationstheorie aus der Dunkelheit hervorzuziehen, und ihr durch genauere Unter-

suchung der Beugungs- oder Diffraktionserscheinung, sowie durch Wiederentdeckung und wissenschaftliche Begründung des Interferenz-Princips eine neue Stütze zu verleihen. Aber, als wenn nun einmal ein Bann auf dieser Theorie lastete! auch **Young** ward vergessen wie seine Vorgänger **Euler**, **Huyghens** und **Grimaldi**; weder im eigenen Vaterlande, noch in Frankreich, noch in Deutschland, wo man doch seine Abhandlungen übersetzte, fand sich ein Einziger, der ihren Geist erfaſste, und es half selbst nichts, daſs der fein beobachtende **Wollaston** im J. 1802 die Genauigkeit der von **Huyghens** am Kalkspath gemachten Messungen durch experimentelle Prüfung über allen Zweifel erhob. Es blieb beim Alten!

Endlich ums J. 1815 betrat ein neues Genie ersten Ranges **Fresnel** den Schauplatz der Wissenschaft, und unterstützt durch **Arago** erfocht er nach hartem Kampf mit den Newtonianern **Biot** und **Poisson** der Undulationstheorie den glänzendsten Sieg über ihre Gegnerin, und damit die vollste Rechtfertigung **Huyghens'** gegen seinen Nebenbuhler. Es giebt in der ganzen Geschichte der neueren Physik kein zweites Beispiel, wo die Wahrheit einer Sache durch das Schwören in verba magistri so lange unterdrückt worden wäre, wie eben hier die Theorie des Lichts.

Die Huyghens'sche Arbeit über das Licht ist noch in anderer Beziehung sehr lehrreich, indem sie einen überzeugenden Beweis von dem Nutzen der Theorien in der Wissenschaft giebt. Sie widerlegt aufs Schlagendste alle diejenigen, welche da lehren, daſs Thatsachen und die daraus hergeleiteten Gesetze allein die Wissenschaft ausmachen, ganz dabei übersehend, daſs die Theorie das Ziel der Wissenschaft ist, der einzige vernünftige Zweck, den man beim Sammeln von Thatsachen vor Augen haben kann.

268. Sehr viele Naturgesetze sind so einfach, daſs sie sich unmittelbar aus den richtig beobachteten Thatsachen ergeben, und weiter nichts sind, als der allgemeine Ausdruck der Erscheinungen. Von dieser Art ist z. B. das

sogen. Mariotte'sche Gesetz, dafs die Volumen einer Luftmasse sich bei gleicher Temperatur umgekehrt wie die darauf lastenden Drucke verhalten. Es giebt nun Naturforscher, welche voraussetzen, wiewohl ohne hinlänglichen Grund, dafs alle Naturgesetze ebenso einfach seien, und wo sie ein solches nicht sogleich aus ihren Beobachtungen ablesen können, da brechen sie die Untersuchung ab unter dem Vorgeben, es sei kein Gesetz vorhanden. Um dergleichen Physiker zu widerlegen, braucht man sie nur auf das Gesetz zu verweisen, welches **Huyghens** für den einen der beiden Strahlen aufgefunden hat, in welche das Licht beim Eintritt in den Kalkspath zerspalten wird, für denjenigen Strahl, der, weil er im Allgemeinen nicht dem gewöhnlichen Refraktionsgesetze folgt, der ungewöhnliche oder aufserordentlich gebrochene Strahl genannt wird.

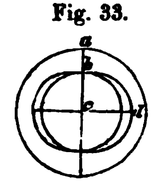
Dies Gesetz ist so komplicirt, dafs schon die blofse Beschreibung desselben ohne Hülfe von Figuren oder Modellen viele Schwierigkeit hat; der aufserordentliche Strahl bleibt nämlich meist nicht in der Einfallsebene, sondern tritt bald auf der einen, bald auf der andern Seite zu ihr hinaus, liegt bald über, bald unter dem ordentlichen Strahl, je nach der Richtung des einfallenden Strahles, und nach der Lage der brechenden Fläche am Krystall. Und dennoch giebt es in der ganzen Physik kein Gesetz, das besser erwiesen wäre als eben das des aufserordentlichen Strahles.

Das Huyghens'sche Gesetz aus einer Reihe von Winkelmessungen und dem blofsen Vergleich der gefundenen Zahlenwerthe abzuleiten, wie man sonst wohl Gesetze erräth, ist, man kann es dreist behaupten, ganz unmöglich. Selbst **Huyghens** würde es sicher nicht entdeckt haben, wenn er sich nicht vorher seine Ideen über die wellenartige Fortpflanzung des Lichts gebildet hätte. Allein, zugleich mit der Hypothese von der undulatorischen Fortpflanzung des Lichts, hat er durch die Aufstellung des Gesetzes für die Brechung des aufserordentlichen Strahles

im Kalkspath einen Scharfsinn an den Tag gelegt, der bei Weitem alles übertrifft, was **Newton** im Gebiet der Optik geleistet hat.

Trifft ein Lichtstrahl auf die Oberfläche eines homogenen Mittels, wie Glas, Wasser u. dgl., so pflanzt er sich darin nach der Wellentheorie in allen Richtungen gleich schnell fort, die undulatorische Bewegung breitet sich kugelförmig aus. Dasselbe geschieht im Kalkspath mit demjenigen Licht, welches der gewöhnlichen Brechung folgt: **Huyghens** fand für dieses, wenn man mit i den Einfallsund mit r den Brechungswinkel bezeichnet, konstant $\sin i : \sin r = 5 : 3$ oder $1 : 0{,}60$, und dies ist gemäfs der Undulationstheorie das Verhältnifs der Geschwindigkeit des Lichts in Luft und Kalkspath. Als **Huyghens** hierauf das Brechungsverhältnifs für die ungewöhnlichen Strahlen suchte, zeigte sich dieses nicht konstant, sondern verschieden nach Einfallsebene und Neigungswinkel der einfallenden Strahlen, und er folgerte aus seiner Untersuchung, dafs die Wellenfläche des aufserordentlichen Strahles keine Kugel, sondern ein Umdrehungsellipsoid sei, dessen Rotationsaxe mit der Hauptaxe des Krystalls oder einer Parallelen derselben zusammenfällt [1]). Die Geschwindigkeit des ungewöhnlich gebrochenen Lichts ergab sich längs der Axe ebenso schnell wie die Fortpflanzung der gewöhnlichen sphärischen Wellen, in jeder anderen Richtung gröfser und am gröfsesten senkrecht zur Axe. Das Verhältnifs der kleinsten zur gröfsesten Geschwindigkeit wurde $= 8 : 9$ gefunden; danach würde diejenige in der Luft zu der gröfsesten im Ellipsoide sein $1 : \frac{3}{5} \cdot \frac{9}{8}$ oder $1 : 0{,}67$. Alle diese Vorgänge machte **Huyghens** anschaulich durch die Fig. 33. Beschreibt man um c mit dem Halbmesser $ca = 1$ eine Kugel, darin eine zweite mit dem Radius $cb = 0{,}60$ und um die Axe $cb = 0{,}60$ das Rotationsellipsoid, dessen grofse Axe $cd = 0{,}67$ ist, so würde eine von c

Fig. 33.



---

[1]) Wilde, Gesch. d. Optik II, 258.

ausgehende Lichtbewegung in der Luft die Kugelfläche mit dem Radius *ca* in derselben Zeit erreichen, in welcher die ordentlichen Strahlen im Krystall an die Kugelfläche mit Radius *cb*, und die aufserordentlichen an das Ellipsoid gelangen. Demnach lautet das Gesetz: Die Aenderung der Geschwindigkeit des aufserordentlichen Strahles im Kalkspath wird durch ein Umdrehungsellipsoid dargestellt, dessen Axen im Verhältnifs 0,60 : 0,67 stehen.

Die Entdeckung des Gesetzes, nach welchem der aufserordentliche Strahl im Kalkspath gebrochen wird, macht an sich betrachtet noch lange nicht **Huyghens'** gröfstes Verdienst um die Optik aus, vielmehr mufs man seinen Ideen über die wellenartige Fortpflanzung des Lichts, welche ihn eben auf die Entdeckung jenes Gesetzes leiteten, ganz unbedenklich einen noch höheren Werth beilegen. Denn durch diese Ideen hat **Huyghens** den Grund zur richtigen Erklärung auch aller übrigen optischen Phänomene gelegt, und so den heutigen Zustand der Optik vorbereitet, welcher, wenn man die Mechanik ausnimmt, vollkommener ist, als der irgend eines andern Zweiges der Physik.

Die Undulationstheorie ist zwar nicht so solide begründet wie die Gravitationstheorie, indem sie sich auf die hypothetische Existenz eines sonst nicht nachgewiesenen imponderablen elastischen Fluidums, des sogen. Aethers, im Weltenraume stützt; aber in jeder anderen Hinsicht rivalisirt sie vollkommen mit der Gravitationstheorie, ja übertrifft sie in mancher Beziehung. Denn einerseits giebt sie von den meisten Lichterscheinungen eine ebenso vollkommene Erklärung wie die Gravitationstheorie von den Bewegungen der Himmelskörper, und andererseits sind die Lichtphänomene, welche die Undulationstheorie erklärt, auch bei Weitem zahlreicher und mannichfaltiger als die Erscheinungen bei der Bewegung der Himmelskörper, die alle gleichsam Phänomene derselben Gattung sind.

Zu unserer heutigen Undulationstheorie hat **Huyghens** freilich nur den Grund gelegt, aber einen sehr soliden. Seine Ideen über die Lichtwellen überhaupt, deren Fort-

pflanzung, Zerlegung und Zusammensetzung haben durch **Young** und **Fresnel** sehr bedeutende Erweiterungen erfahren, aber einer Berichtigung haben sie nicht bedurft, vielmehr hat **Fresnel** ein Paar der Hauptsätze der Huyghensschen Theorie ganz unverändert beibehalten.

269. Zu **Huyghens'** Zeiten kannte man im Ganzen sechs Lichtphänomene:

1) Die Reflexion.

2) Die Refraktion.

Beide waren schon den Alten bekannt, und von der Reflexion kannten sie auch das Gesetz.

3) Die Dispersion.

Sie war den Alten empirisch ebenfalls in den Farben eckiger Glasstücke, dem Regenbogen u. s. w. bekannt; aber man kann die faktische Entdeckung derselben doch füglich nicht weiter zurückführen als bis zu **Grimaldi**, der zuerst die Verlängerung des durch ein Prisma gebrochenen Sonnenbildes in Richtung der Brechung beobachtete, also bis zum J. 1665.

4) Die Diffraktion oder Inflexion, entdeckt und beschrieben von **Grimaldi** im J. 1665.

5) Die Farben dünner Blättchen oder die Newton'schen Ringe, entdeckt von **Hooke** 1665. Man kann hiezu auch noch die Farben geritzter Flächen rechnen, die ebenfalls von **Grimaldi** sowie von **Deschales** studirt wurden.

Die drei letzten Phänomene in 4 und 5 sind eigentlich verschiedene Aeußerungen eines und desselben Vorganges, der gegenseitigen Einwirkung der Lichtstrahlen auf einander oder Interferenz, deren thatsächliche Entdeckung, obwohl nicht wissenschaftliche Erkennung, man ebenfalls **Grimaldi** zuschreiben muß (§ 153).

6) Die Doppelbrechung, zunächst im Kalkspath entdeckt und beschrieben von **Erasmus Bartholinus** 1669.

Von diesen Phänomenen hat **Huyghens** drei vollkommen erklärt, wenigstens so weit es die Richtung der

Lichtstrahlen betrifft, nämlich die Reflexion, die Refraktion und die Doppelbrechung, von denen **Newton** das letztere gar nicht oder sehr fehlerhaft, und die beiden andern nur unvollständig erklärt hat. Die Auseinandersetzung dagegen, welche **Huyghens** von diesen Erscheinungen gegeben hat, wird heut zu Tage als durchaus zutreffend erkannt, und wo es erforderlich ist, reproducirt.

Huyghens läfst die Aethertheilchen, deren Schwingungen die Lichtwellen konstituiren, in Richtung der Lichtstrahlen oder der Fortpflanzung des Lichts schwingen, also Longitudinalschwingungen machen, wie wir es von den Lufttheilchen bei Fortpflanzung des Schalles in Luft annehmen. Diese Annahme reicht zur Erklärung der Reflexion, der Refraktion und der Interferenz aus, ist aber nicht genügend, um das Phänomen der Polarisation zu erklären, vielmehr macht diese die Annahme von Transversalschwingungen oder von Schwingungen rechtwinklig zur Fortpflanzungsrichtung nothwendig, ähnlich wie wir sie bei den Wassertheilchen auf der Oberfläche des wellenschlagenden Wassers antreffen. Die Nothwendigkeit dieser Transversalschwingungen ist erst im zweiten Decennium dieses Jahrhunderts von **Fresnel** und **Arago** erkannt.

Es ist wohl bemerkenswerth, dafs **Robert Hooke**, der überhaupt so manchen glücklichen Gedanken hatte, im J. 1672 in einer Mittheilung an die königl. Gesellschaft zu London die Idee aussprach, dafs das Licht durch Impulse fortgepflanzt werde, die winkelrecht auf seiner Richtung seien (§ 248). Es war aber ein blofs hingeworfener Gedanke, weder theoretisch noch experimentell näher begründet.

270. Jenen sechs Phänomenen fügte **Huyghens** bei Gelegenheit seiner Untersuchung über die Doppelbrechung noch ein siebentes bis dahin unbekanntes hinzu, die Polarisation. Er hielt zwei Kalkspathrhomboëder hinter einander, so dafs das Licht, welches zu dem ersten austrat, durch das zweite gehen mufste. Da beobachtete er dann folgendes:

Wenn beide Rhomboëder eine parallele Lage hatten, also ihre Hauptschnitte [1]) parallel waren, so gingen die Strahlen aus dem ersten Rhomboëder ungeändert in das zweite; der ordentliche Strahl *o* im ersten wurde auch ein solcher im zweiten, und ebenso der außerordentliche *a* im ersten Rhomboëder ein *a* im anderen. Wurden aber die Hauptschnitte winkelrecht auf einander gestellt, so ward aus dem *o* des ersten Rhomboëders ein *a* im zweiten, und aus dem *a* des ersten ein *o* im zweiten Rhomboëder, wie man aus den Ablenkungen ersehen konnte, welche die Strahlen erfuhren, wenn man die Rhomboëder etwas weit auseinander rückte. In jeder Lage zwischen diesen zwei Stellungen wurden dagegen beide Strahlen des ersten Rhomboëders im andern in ein *o* und *a* zerlegt, so daſs vier Bilder entstanden meistentheils von ungleicher Helligkeit, die überdies sich änderte mit der weiteren Drehung der Hauptschnitte zwischen ihrer parallelen und senkrechten Stellung.

Huyghens vermochte nicht sich diese sonderbare Erscheinung zu erklären, er begnügte sich mit ihrer faktischen Darlegung, und überlieſs die Aufhellung der Folgezeit. Ueber 130 Jahre stand sie da als ein vereinzeltes Kuriosum, im Ganzen wenig beachtet und noch weniger studirt, bis endlich im J. 1810 der französische Artillerie-Oberst **Malus** an dem unter einem gewissen Winkel reflektirten Licht die Eigenschaft auffand, die er Polarisation nannte und welche, wie sich bald ergab, dieselbe ist, welche die von **Huyghens** am Kalkspath beobachteten Erscheinungen hervorruft.

Es war übrigens am Kalkspath nicht allein, an welchem **Huyghens** die Doppelbrechung untersuchte, er studirte sie auch am Bergkrystall, aus dem er Prismen in ver-

[1]) Hauptschnitt ist die Ebene durch die kurze Diagonale einer Rhomboëderfläche und die gegenüberstehende Kante; in ihr liegt die Axe des Krystalls. Das Wort Hauptschnitt, sectio praecipua, section principale, stammt von **Huyghens** her, desgl. refractio consueta, vulgaris und refractio insolita.

schiedenen Richtungen schliff; er war aber hier, wo die Erscheinungen noch verwickelter sind, ebenfalls nicht vermögend die Räthsel zu lösen, die erst in neuerer Zeit durch **Fresnel** ihre, und vielleicht auch noch nicht einmal vollständige, Erklärung erhalten haben. Wenngleich nun **Huyghens** hier die Schwierigkeiten nicht besiegte, so thut dies doch seinen anderweitigen großen Verdiensten um die Undulationstheorie keinen Eintrag. Er bleibt der hauptsächlichste, der wahre Begründer dieser fruchtbaren Lehre, welche gegenwärtig eine der Glanzseiten unserer Wissenschaft ausmacht.

Bartholinus. Römer.

271. Die Leistungen des großen Mannes, von dessen Thätigkeit ich bisher einen Abriß zu geben versucht habe, gingen im Gebiet der Optik von den Entdeckungen zweier Männer aus, die näher zu erwähnen, hier wohl der schicklichste Ort sein dürfte.

Erasmus Bartholinus, der schon genannte Entdecker der doppelten Strahlenbrechung, ist der eine von ihnen. Er war ein Däne von Geburt, geb. 1625 zu Roeskilde und gestorben 1698 als Prof. der Medicin und Mathematik an der Universität zu Kopenhagen und Beisitzer des höchsten Gerichts. Man hat verschiedene Werke von ihm, u. A.: *De cometis 1664 et 1665, Hafn. 1665*, ferner: *De aere hafniensi, Francof. 1679* und dann, was eigentlich seinen Namen erhalten hat: *Experimenta crystalli islandici disdiaclastici, quibus mira et insolita refractio detegitur.* Es erschien 1669 zu Kopenhagen, merkwürdig genug in demselben Jahre, in welchem **Newton** seine Lichttheorie aufstellte, die an den in diesem Büchelchen beschriebenen Erscheinungen eine so gefährliche Klippe finden sollte.

Erasmus erhielt den Kalkspath, der als klarer Doppelspath ein bis dahin unbekanntes Mineral war, von dänischen Kaufleuten, die nach Island handelten, und stellte eine für die Zeit ganz gute Untersuchung damit an. Er maß die an dem Rhomboëder vorkommenden Winkel recht sorg-

fältig, und widmete der optischen Erscheinung, die er als sehr wunderbar hervorhebt, vielen Fleifs. Er sah, dafs der eine Strahl dem gewöhnlichen Brechungsgesetz folge, der andere dagegen, den er den beweglichen nannte, davon abweiche; nach welchem Gesetz aber dieser zweite Strahl gebrochen werde, das zu ergründen, vermochte er nicht, auch das Phänomen der Polarisation nahm er nicht gewahr.

Auch des **Erasmus** älterer Bruder, **Thomas Bartholinus**, war ein sehr ausgezeichneter Mann, und geboren 1616 zu Kopenhagen; er starb 1680 als Leibarzt des Königs Christian V. Man zählt ihn zu den gröfsesten Anatomen des XVII. Jahrhunderts und nebenher war er auch ein guter Physiker, denn auf einer längeren Reise durch Italien machte er für damals recht sorgfältige Beobachtungen über das Leuchten gewisser Insekten, welche er in der früher genannten Schrift *De luce animalium* bekannt machte (§ 178). Er gehört ferner zu den Ersten, welche die Bemerkung machten, dafs das Eis des Meerwassers nicht salzig sei, auch war er vermuthlich derjenige Däne, der ums J. 1665 den Jesuiten **Deschales** mit der Laterna magica bekannt machte,. die er vielleicht auf seinen Reisen durch Holland oder Deutschland kennen gelernt hatte (§ 192).

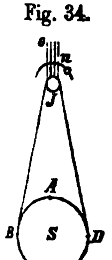
Die zweite Person, welche gewissermafsen **Huyghens** vorarbeitete, war **Olof Römer**, auch ein Däne und ein hervorragender Mann. Er war geboren zu Aarhuus im J. 1644, und starb 1710 in Kopenhagen. Durch **Erasmus Bartholinus** erhielt er seinen Unterricht in der Mathematik, für welche er und noch mehr für deren Anwendung ein ungewöhnliches Talent entwickelte. Von 1672 bis 1681 lebte er in Paris, und erwarb sich eine solche Achtung, dafs man ihn zum Mitglied der Akademie ernannte, und nahm er seitdem an mehreren gemeinschaftlichen Arbeiten dieser gelehrten Körperschaft thätigen Antheil. Im J. 1681, dem Jahre der Aufhebung des Edikts von Nantes, kehrte er wie **Huyghens** in sein Vaterland zurück, um dort die Direktion der kopenhagener Sternwarte zu übernehmen. In dieser Stellung

verblieb er bis zum J. 1705, wo er zum Bürgermeister von Kopenhagen erwählt wurde, und damit der Wissenschaft entsagte. Sein Nachfolger an der Sternwarte war **Horrebow**, der auch **Römer's** Leben beschrieben und seine Werke gesammelt hat.

Römer hat sich durch mehrere Arbeiten vortheilhaft bekannt gemacht, so zunächst durch eine 1675 in der pariser Akademie gelesene Abhandlung, worin er zeigt, daſs die vortheilhafteste Gestalt für die Zähne von Räderwerken diejenige einer Epicykloide sei; dann durch Vervollkommnung der astronomischen Beobachtungsmethoden. Am berühmtesten ist er indeſs durch die Entdeckung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts geworden, eine Entdeckung, die ihn zugleich mit den Arbeiten von **Huyghens** in Verbindung setzte. Zu dieser Entdeckung gab eine Reihe von Beobachtungen der Verfinsterungen des ersten Jupitertrabanten Anlaſs, die **Römer** gemeinschaftlich mit **Dom. Cassini** in den Jahren 1672 bis 1676 anstellte.

Römer und **Cassini** machten die Bemerkung, daſs die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Eintritten des ersten Trabanten *n* in den Schatten *o* des Jupiters *J*, Fig. 34, oder den Austritten aus demselben, periodischen Schwankungen unterliege; daſs sie der berechneten von $42^h\,28'\,42''$ gleich sei, sobald sich die Erde in *A* oder *C* auf ihrer Bahn *ABCD* um die Sonne *S* befand, daſs aber diese Dauer verringert wurde, wenn die Erde sich in der Hälfte *CDA* ihrer Bahn dem Jupiter *J* näherte, und daſs sie dagegen vergröſsert wurde, wenn die Erde sich von *J* entfernte. Das Maximum der Verringerung fand etwa bei *D* statt und betrug 14 Sekunden, und ebenso viel betrug das Maximum der Vergröſserung bei *B*.

Fig. 34.



Cassini kam hierdurch auf die Vermuthung, daſs das Licht wohl einige Zeit gebrauchen müsse, um von dem Jupiter zu uns zu gelangen, und sprach sie im J. 1675

vor der pariser Akademie aus, liefs sie aber wieder fallen, weil er bei den Verfinsterungen der übrigen Jupitertrabanten ähnliche Schwankungen nicht entdecken konnte.

Römer andererseits hielt diesen Gedanken fest, und als er am 9. Nov. 1676 den Austritt des Trabanten um 10 Minuten später erfolgen sah, als es im August desselben Jahres der Fall gewesen war, sprach er auf das Bestimmteste aus, dafs die Erscheinung eine Folge der Bewegung der Erde und der gegen sie nicht unendlich grofsen Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes sei. Er berechnete, dafs die Erde innerhalb $42\frac{1}{2}$ Stunden einen Weg von etwa 590000 Meilen zurücklegt, dafs sie also dem Jupiter um so viel während der Dauer zwischen zwei einander folgenden Verfinsterungen seines ersten Trabanten näher oder ferner kommen müsse, je nachdem sie bei D oder B befindlich sei; dafs das Licht also 14 Sekunden gebrauchen müsse, um diese 590000 Meilen zurückzulegen, und sich daher mit einer Geschwindigkeit von 42000 Meilen in der Sekunde fortpflanzt.

Römer legte seine Messungen und Ansichten 1676 der pariser Akademie vor. **Cassini** erklärte sich dagegen und noch ein anderes Mitglied der Akademie, der Astronom **Maraldi** ebenfalls, letzterer aus dem Grunde, weil man, wie er sagte, noch eine andere Ungleichheit in der Zeit zwischen zwei Verfinsterungen, je nach dem Stande des Jupiters in seiner Bahn, beobachten müsse. Allein **Huyghens** und nicht lange darauf **Newton** nahmen **Römer**'s Entdeckung in Schutz, und so gelangte sie denn zu allgemeiner Anerkennung.

Man hat später **Römer**'n die Entdeckung streitig machen und sie **Cassini** zuschreiben wollen, allein mit Unrecht; allerdings mag **Cassini** die erste Anregung dazu gegeben haben. aber ohne **Römer** wäre sie wenigstens im J. 1676 nicht gemacht. Das ist selbst das Urtheil gerechter Männer unter den Franzosen, wie z. B. des Astronomen **Lalande**. **Römer**'s Erklärung fand hauptsächlich deshalb so viel Anstofs in der Akademie, weil ein grofser Theil der Mitglieder

derselben den Lehren **Descartes'** anhing, und dieser sonst so scharfsinnige Mann behauptet hatte, das Licht pflanze sich instantan fort, was im Grunde ein Unsinn ist, denn ein Ding kann nicht zugleich an zwei Orten sein; was sich bewegt, braucht auch Zeit.

Merkwürdig ist, wie **Descartes** auf diesen widersinnigen Schlufs gerathen ist. Er sagt, wenn das Licht sich successiv fortpflanzt, so müsste aus seiner Geschwindigkeit und der Geschwindigkeit der Erde eine scheinbare Bewegung der Fixsterne erfolgen, da nun aber diese nicht bekannt ist, so geschieht die Fortpflanzung des Lichtes momentan. Wir haben hier dasselbe Gemisch von Irrthum und Wahrheit, welchem wir bei **Descartes** so oft begegnen; man sieht er divinirte die Aberration, aber statt zu sagen, die Beobachtungen hätten diese noch nicht nachgewiesen, nahm er an, sie existire nicht, und zog den falschen Schlufs in Bezug auf das Licht. Gescheuter waren gewifs die Mitglieder der Accademia del Cimento, die nach der Idee ihres Meisters **Galilei** wenigstens die Geschwindigkeit des Lichts voraussetzten, und einen Versuch machten, sie auf Erden zu messen, der freilich misglücken mufste (§ 177, No. XIII).

Römer's Entdeckung kam **Huyghens** sehr zu statten, denn da er bei allen seinen Betrachtungen das Licht als ein Bewegungsphänomen darzustellen hatte, so mufste es ihm natürlich höchst erwünscht sein, eine direkte Messung der Geschwindigkeit desselben zu haben. **Römer**'s Entdeckung bildet daher in dem Traité de la lumière von **Huyghens** einen der Ausgangspunkte der Betrachtung.

Newton.

272. Wir haben in neuerer Zeit durch den schottischen Physiker **David Brewster** eine so ausführliche Lebensbeschreibung **Newton**'s erhalten, und diese ist durch Uebersetzung so verbreitet bei uns, dafs ich mich wohl darauf beschränken kann, nur die Hauptmomente des an äufseren Begebenheiten eben nicht reichen Lebens des grofsen Briten zu erwähnen.

Isaak Newton war geboren am 25. Dec. 1642 alten Styls, also am 5. Jan. 1643 nach unserem heutigen Kalender zu Woolsthorpe, einem Dörfchen im Kirchspiel Colsterworth in der Grafschaft Lincoln, südlich von der Stadt Grantham. Obwohl es historische Regel ist die Data zu lassen, wie sie ursprünglich waren, und sie nicht nach dem später eingeführten gregorianischen Kalender zu ändern, so verdient doch hier hervorgehoben zu werden, daſs **Newton** nur nach altem Kalender im J. 1642 geboren ist, und zwar deshalb, weil man es wohl als ein Kuriosum (ein auf Seelenwanderung anspielendes) angeführt findet, daſs **Newton** in demselben Jahre geboren sei, in welchem **Galilei** gestorben ist. Das ist nun aber in Wahrheit nicht der Fall. Allerdings ist **Galilei** am 8. Jan. 1642 gestorben, allein das ist nach neuem Kalender gerechnet, und bei einem chronologischen Vergleich wie der genannte, müssen offenbar die Data nach gleichem Kalender genommen werden. Rechnet man nun nach dem neuen, dem zufolge **Newton** am 5. Jan. 1643 geboren ist, so geschah dies fast ein Jahr nach **Galilei**'s Tod, und 100 Jahre nach dem von **Kopernikus** im Mai 1543 alten Styls. Uebrigens rechnete man zur Zeit der Geburt **Newton**'s in England nicht allein nach dem alten Kalender, sondern fing das Jahr erst mit dem 25. März an. Erst 1752 ward der Anfang des bürgerlichen Jahres auf den 1. Januar verlegt.

Newton's Vater, dessen Vorname ebenfalls **Isaak** war, starb im 36. Jahr einige Monate nach seiner Verheirathung mit unseres **Newton**'s Mutter, die daher als Wittwe niederkam mit demselben, und zwar zu früh; deshalb war denn auch das Kind ungewöhnlich klein, und von so schwächlichem Bau, daſs man für sein Leben fürchtete, also wie bei dem ebenfalls zu zeitig geborenen **Keppler**. Wunderbar genug sollte aber dieser gebrechliche Körper nicht nur einem der kräftigsten Geister, die je gelebt, zur Hülle dienen, sondern auch ein Alter erreichen, das weit über die gewöhnliche Dauer des menschlichen Lebens hinausging. Drei Jahre hernach verheirathete sich **Newton**'s

Mutter wieder, und übergab in Folge dessen die Pflege des Kindes ihrer eigenen Mutter. Als indefs ihr zweiter Mann, der Pfarrer Smith zu North-Witham, einem benachbarten Orte, im J. 1656 ebenfalls gestorben war, zog sie mit ihren drei Kindern nach Woolsthorpe zurück, und übernahm auch wieder die Sorge für den jungen **Newton**. Zu Woolsthorpe besafs sie ein kleines von ihrem ersten Mann ererbtes Grundstück, welches ihr mit einem anderen in der Nachbarschaft das spärliche Einkommen von 80 Lstrl. gewährte; ihr Wunsch war, dafs **Newton** diese Gehöfte verwalten und demgemäfs die Landwirthschaft erlernen sollte.

Allein dieser zeigte schon von frühester Jugend an einen ganz anderen Hang. Still und nachdenkend nahm er selten Theil an den Erholungen seiner Gespielen, und beschäftigte sich vorzugsweise mit dem Lesen alter Bücher, die er bei dem Apotheker Clark in Grantham auftrieb, oder mit dem Anfertigen von Maschinen. So weifs man u. A., dafs er eine sehr künstliche Windmühle, einen durch ein Räderwerk bewegbaren Wagen und eine Wasseruhr verfertigte, desgleichen ein Paar Sonnenuhren, die sich bis in die neueste Zeit erhalten haben, und von denen die bessere erst kürzlich von dem Hause in Woolsthorpe abgelöst, und in den Räumen der königl. Gesellschaft niedergelegt worden ist. Selbst Spiele, wie z. B. mit Drachen, dienten ihm weniger zur unmittelbaren Erholung als zur Gelegenheit darüber nachzudenken, wie diese wohl am besten anzufertigen seien, damit der Wind am kräftigsten auf sie einwirke.

Nachdem die Mutter mehrere vergebliche Versuche gemacht, ihren Sohn für die Landwirthschaft heranzuziehen, und sie auch hinlängliche Proben von seiner Untauglichkeit zu dieser Beschäftigung erhalten hatte, gab sie den Vorstellungen ihres Bruders, eines Pfarrers, der auf dem Trinity-College in Cambridge studirt hatte, Gehör und schickte ihren Sohn in dasselbe Kollegium. Am 5. Januar 1660 in einem Alter von 18 Jahren bezog **Newton** die Universität Cambridge, die bald die Wiege seines Ruhmes werden

sollte. Vom J. 1660 bis 1667 machte er in dem Trinity-College alle Grade durch, welche die steifen Formen des englischen Universitätslebens vorschreiben; im letzteren Jahr wurde er Magister und älterer Collegiat.

Während dieser Jahre studirte er die berühmtesten Werke der damaligen Zeit im Gebiet der **Mathematik**, Physik und Philosophie, z. B. die Geometrie des **Descartes**, die Arithmetik des Unendlichen von **Wallis**, **Keppler**'s Optik, **Saunderson**'s Logik u. s. w. Aber er studirte sie nicht blofs, sondern dachte auch selbstständig über alle darin behandelten Gegenstände nach. Wir werden weiterhin sehen, dafs die Keime aller seiner Hauptentdeckungen aus dieser Zeit herstammen. Das Ansehn, welches er damals genofs, war bereits so grofs, dafs der Dr. **Barrow**, sein Lehrer und seit 1663 Prof. der Mathematik in Cambridge, unserm **Newton** im J. 1669 die Herausgabe seiner optischen und geometrischen Vorlesungen anvertraute, und **Barrow** bekennt in der Vorrede, dass ihm **Newton** manchen wichtigen Beitrag zu dem Werke mitgetheilt habe. In demselben J. 1669 entsagte **Barrow** den exakten Wissenschaften, um sich ganz der Theologie zu widmen. Er legte die Professur der Mathematik nieder und zwar zu Gunsten **Newton**'s, der nun hierdurch die Bahn seiner glänzenden Entdeckungen betrat.

Der eben genannte **Isaak Barrow**, der Sohn eines Leinenhändlers zu London, war geb. 1630 und starb 1679 während eines Besuchs in London als Master des Trinity-College in Cambridge, welche Stellung ihm der König unter dem schmeichelhaften Beisatz: als dem besten Schüler von England, verliehen hatte. Er mochte dieses Lob zum Theil wohl damit eingeerntet haben, dafs er ein sehr eifriger Royalist war.

Barrow ist in England ebenso sehr und mehr fast noch durch seine. theologischen Schriften als durch seine mathematischen bekannt, indefs sind es doch die letzteren, namentlich seine *Lectiones opticae, London 1669* und *Lectiones geometricae 1670*, welche seinen Namen erhalten

haben. Besonders hat er sich durch die ersteren ein ganz ehrenwerthes Andenken in der Geschichte der Optik gesichert, indem er darin zuerst das Problem der Brennpunkte sowohl für parallel als nicht parallel auffallende Strahlen für Linsen von allen Gestalten löst, aber freilich noch nach geometrischer Methode, die ihn zwingt jede Linse für sich zu betrachten, wodurch denn die Untersuchung sehr weitschweifig wird. Jedenfalls war es aber ein Fortschritt, da **Cavalieri** nur den Brennpunkt für parallel einfallende Strahlen bestimmt hatte.

273. Um wieder auf **Newton** zurückzukommen, so bekleidete er die Professur der Mathematik, welche mit bedeutenden Emolumenten verknüpft gewesen zu sein scheint, über 30 Jahre lang und zierte sie schon in der ersten Zeit durch die optischen Vorlesungen, welche er von 1669 bis 1671 hielt. Im letzten Jahr, eigentlich 11. Jan. 1672, wurde er zum Mitglied der londoner Gesellschaft erwählt, hauptsächlich auf Veranlassung eines von ihm selbst verfertigten Spiegelteleskops, welches er darauf aus Dankbarkeit der Gesellschaft verehrte (§ 242).

Von 1669 bis 1695 änderte sich in seiner äufseren Stellung nichts, in diesem Jahre wurde er aber durch seinen Freund **Montague**, nachmaligen Grafen Halifax, der das einflufsreiche Amt eines Kanzlers des Finanzkollegiums bekleidete, zum Aufseher der königl. Münze ernannt. Diese Stelle war freilich nur eine untergeordnete, aber doch sehr vortheilhaft für **Newton**, denn sie brachte ihm 4—500 Lstrl. ein, und nebenbei konnte er ungestört seine Professur verwalten. Aus Erkenntlichkeit für diese erste Unterstützung, welche **Newton** unmittelbar vom Staat zu Theil geworden, wählte die königl. Gesellschaft im J. 1695 den Kanzler **Montague** zu ihrem Präsidenten; Mitglied war er schon.

Die Münzaufseherschaft war nicht der einzige Freundschaftsbeweis, den **Montague** an **Newton** erwies; vielmehr beförderte er ihn im J. 1699 zum königl. Münzmeister, einer Stellung, mit welcher das bedeutende Einkommen von 12—1500 Lstrl. verknüpft war. **Montague** hatte hier-

bei nicht allein die Absicht, seines Freundes äufsere Lage zu verbessern, sondern er wollte zugleich dessen Kenntnisse zur Ausführung einer sehr wichtigen Mafsregel benutzen; nämlich zur allgemeinen Umprägung der Münzen und zur Zurückführung derselben auf ihren früheren Werth.

In Folge dieser seiner Erhebung zum königl. Münzmeister, mit welcher Stellung die Professur sich auf die Dauer nicht mehr recht vereinigen liefs, legte er diese im J. 1703 nieder und zwar zu Gunsten **William Whiston**'s, eines Mannes, der sich durch theologische und mathematische Schriften einen vortheilhaften Ruf erworben, aber das Unglück hatte, sich mit der Lehre von der Trinität nicht verständigen zu können, und da er sich unterfing gegen dieselbe zu schreiben, schon im J. 1710 seines akademischen Amtes entsetzt wurde, und seine Schrift durch einen geistlichen Gerichtshof verdammt sah. Es ist dies derselbe **Whiston**, der durch eine Kosmogenie, welche unter dem Titel: *A new theory of the earth, London 1696* erschien, eine gewisse Rolle in der Geologie spielt. Er war geb. 1667 zu Norton, Leicestershire, und starb 1752 zu London.

Newton lebte nun, nach Niederlegung der Professur in Cambridge und bald darauf zum Präsidenten der londoner Gesellschaft ernannt, theils in London, theils in dessen Nähe zu Kensington. Vom 80. Lebensjahre an hatte er mit mancherlei körperlichen Leiden, Steinbeschwerden, Gicht und Lungenentzündung zu kämpfen, und obwohl ihm durch seine sehr gebildete Nichte Catharine Barton, die mit ihrem Manne, einem Herrn Conduit, bei ihm wohnte, alle mögliche Pflege zu Theil ward, er auch häufig von bedenklichen Anfällen wieder genafs, so wirkte doch die Fahrt, die er von Kensington nach London machte, um dort am 28. Februar 1727 in der königl. Gesellschaft zu präsidiren, so nachtheilig auf ihn, dafs er nach seiner Rückkehr zu Kensington am 20. März 1726 d. h. am 31. März 1727 (vergl. § 272) im 85. Lebensjahre verschied.

Sein Leichnam ward mit grofsem Pomp nach London gebracht, und auf speciellen Befehl des Königs Georg I. in der Westminster-Abtey, dem Pantheon der grofsen Männer Englands beigesetzt. Das Leichentuch trugen der Lord-Oberkanzler und die Herzöge von Roxburgh und Montrose, drei Pärs von England und die Grafen von Pembroke, Sussex und Macclesfield, sämmtlich Mitglieder der königl. Gesellschaft. Ein prächtiger Sarkophag auf Kosten seiner Erben errichtet bezeichnet die Stelle, wo seine Ueberreste ruhen. Später 1755 wurde ihm auch in Cambridge ein Standbild errichtet, und im Tower 1731 eine Gedächtnifsmünze auf ihn geprägt mit dem Motto: Felix cognoscere causas.

In den letzten Jahren seines Lebens beschäftigte sich **Newton** vielfach mit theologischen Gegenständen, und noch lange nach seinem Tode, nämlich 1736, ist ein Werk von ihm erschienen über den Propheten Daniel und die Offenbarung Johannis, welches sich aus jenen Zeiten herzuschreiben scheint. Der bekannte französische Physiker **Biot** hat diese religiöse Richtung **Newton**'s als Folge einer früheren mit Geistesabwesenheit verknüpften Krankheit darzustellen gesucht; dagegen ist **Brewster** sehr lebhaft aufgetreten. Er bekämpft nicht nur diese Ansicht, sondern bestreitet auch, dafs **Newton** überhaupt je an Geisteszerrüttung gelitten habe. Indefs ist es allgemeine Annahme, welcher selbst von den Herausgebern eines neueren in England erschienenen biographischen Werkes beigetreten wird, dafs **Newton** im J. 1693 in Folge angestrengten Nachdenkens in eine Krankheit verfiel, die mit Geistesabwesenheit oder Schwäche verbunden war, so dafs er selbst seine eigenen Werke nicht mehr verstehen konnte, dafs aber dieser Zustand nur von kurzer Dauer war und niemals wiederkehrte.

Wie weit dies begründet sei, mufs dahin gestellt bleiben; die Möglichkeit des Faktums wird Niemand bestreiten können, und wie niederschlagend auch der Gedanke sein mag, dafs selbst ein so erhabener Geist wie **Newton** den menschlichen Schwächen wenigstens zeitweise

unterlag, so kann dies doch nicht den geringsten Schatten auf ihn werfen. Sehen wir ihn doch in allen anderen Dingen den gewöhnlichen Gesetzen des physischen Lebens unterworfen, ja selbst bei seinen optischen Untersuchungen dem nur zu oft anwendbaren Satz: Errare humanum est! was freilich seine Anhänger z. B. **Biot**, **Brewster**, lange nicht zugeben wollten.

In Vertheidigung der theologischen Werke **Newton**'s, sowie bei einigen anderen Punkten ist **Brewster** überhaupt viel zu weit gegangen. **Brewster** klagt z. B., dafs **Newton** kein Zeichen der Nationaldankbarkeit zu Theil geworden sei. Allein **Newton** ist geehrt und belohnt worden, wie selten ein Gelehrter, zumal auf dem Kontinent. Er erhielt von der Königin Anna die Ritterwürde, er genofs am Hofe Georg's I. die ausgesuchtesten Ehrenbezeugungen, ward zweimal zum Mitglied des Parlaments gewählt, endlich hinterliefs er, obwohl in Dürftigkeit geboren, bei seinem Tode ein Vermögen, das in damaliger Zeit selbst für England sehr bedeutend war, über 30000 Lstrl., die liegenden Gründe ungerechnet. Dies Vermögen ging ganz auf Seitenverwandte über, da er, wie schon früher erwähnt, gleich seinen beiden grofsen Zeitgenossen **Huyghens** und **Leibnitz** unverheirathet starb.

274. Die Leistungen **Newton**'s sind nicht so zahlreich, wie man nach der Thätigkeit seines Geistes und der Länge seines Lebens vermuthen könnte, aber sie sind um desto gediegener und inhaltreicher. Sie zerfallen, wie die Arbeiten fast aller bedeutenden Physiker des XVII. Jahrhunderts in: 1) rein mathematische; 2) mechanische und astronomische; 3) optische, wozu man noch ein Paar vereinzelte Arbeiten in andern damals kultivirten Zweigen der Physik rechnen kann. Die meisten dieser Arbeiten tragen einen mathematischen Charakter an sich, selbst die experimentellen. **Newton**'s Experimente gingen nicht auf die Ausspürung neuer Thatsachen aus, sondern hatten den Zweck, vorhandene auf ihre Ursache zurückzuführen. Es war nicht die Breite, sondern die Höhe

und Tiefe der Wissenschaft, auf welche er sein Falkenauge gerichtet hatte, und in dem Aufschwung zu solchen Gipfelpunkten der Forschung hat er Vorbilder aufgestellt, die für alle Zeiten als Muster dastehen werden.

Ich will mit Auseinandersetzung der optischen Leistungen beginnen. Durch sie ist **Newton** unter seinen Zeitgenossen fast bekannter und berühmter geworden, als durch die im Gebiete der Mechanik und Astronomie. Noch bis vor wenigen Decennien wurden sie diesen letzteren völlig gleich gestellt an Werth, und es war sogar gefährlich Zweifel an ihrer Richtigkeit zu äufsern. Jetzt hat sich die Sache anders gestaltet. Einerseits hat sich das Gebiet der Optik so ausgedehnt, dafs die von **Newton** behandelten Gegenstände nur noch einen kleinen Theil von denselben ausmachen, und andererseits hat die Erweiterung des Gesichtskreises gezeigt, wie ich dies schon bei **Huyghens** auseinander setzte, dafs die von ihm aufgestellte Theorie, so vollkommen sie auch früher erschien, nicht einmal für diejenigen Phänomene ausreicht, für welche sie ursprünglich berechnet war, geschweige denn, dafs sie die später entdeckten Erscheinungen befriedigend erklärte. Dennoch nehmen diese Newton'schen Arbeiten immer einen ehrenvollen Platz ein unter den Bestrebungen die Natur des Lichts zu erforschen, und sie verdienen keineswegs die Herabsetzung, die ihnen durch **Göthe** und dessen Anhänger zu Theil geworden ist. Schon aus geschichtlicher Rücksicht gebührt ihnen einige Achtung, denn was über ein Jahrhundert so viele ausgezeichnete Geister befriedigte, kann jedenfalls nicht ganz ohne Verdienst sein.

Newton's optische Arbeiten entsprangen zunächst aus Versuchen mit Glasprismen, die seit dem Anfang des XVII. Jahrhunderts bekannt waren, ohne dafs man angeben kann, von wem sie herstammen. Ein solches kaufte er sich im J. 1666 zu Cambridge, um sich mit den Erscheinungen desselben bekannt zu machen; nachdem er sich an den prachtvollen Farben hinlänglich ergötzt hatte, ging er zu einer näheren Untersuchung über. Da es

immer interessant ist die ersten Anfänge einer Forschung im Detail zu kennen, und da wir grade hier Gelegenheit haben die Sorgfältigkeit, mit welcher **Newton** bei seinen Arbeiten verfuhr, kennen zu lernen, so wollen wir diese Versuche ausführlich betrachten.

Er verfinsterte ein Zimmer, indem er dessen Fensterläden schlofs, machte in dem Laden ein rundes Loch von $\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser, und liefs durch dasselbe Sonnenlicht auf das Prisma fallen. Das erste, was ihm dabei auffiel, war die Verlängerung des prismatischen Bildes oder Spektrums, wie er es schon nennt; es hatte eine Länge von $13\frac{1}{4}$ Zoll. Der Abstand der senkrechten Wand, welche das Spektrum auffing, von dem Loch betrug 22 Fufs, und als er nun hieraus die Divergenz der ausfahrenden Strahlen berechnete, fand sich, dafs sie über fünfmal gröfser war als die der einfallenden, nämlich 2° 49′, letztere 31′. Der Prismenwinkel an der brechenden Kante betrug 63° 12′, Einfalls- und Ausfallswinkel nahe 54° 4′.

Hierüber gab ihm nun die Optik von **Descartes**, die bisher seine Lehrerin gewesen war, keinen Aufschlufs. Er dachte nun zuvörderst, es möchten wohl Unvollkommenheiten seines Prismas die Erscheinung veranlafst haben, und brachte daher hinter jenem ersten Prisma ein zweites in umgekehrter Lage an, damit es das Licht in entgegengesetzter Richtung bräche; er glaubte, dafs dadurch die regelmäfsigen Wirkungen des ersten Prismas sich aufheben, die unregelmäfsigen dagegen sich vergröfsern würden. Allein zu seinem Erstaunen sah er, dafs hierdurch das lange Farbenbild auf ein vollkommen rundes und farbloses Sonnenbild zurückgeführt ward, in ein so regelmäfsiges, als ob die Strahlen gar nicht durch Glas gegangen wären. Unregelmäfsigkeiten des Prismas, schlofs er hieraus, konnten also die Ausbreitung der Strahlen nicht verursacht haben.

Nun fiel ihm bei, ob nicht die kleine Verschiedenheit in dem Einfallswinkel der um 31′ divergirenden Sonnenstrahlen von Einflufs gewesen sein könne. Allein auch

diese Vermuthung erwies sich ungenügend, denn als er das Prisma beträchlich hin und her drehte, änderten sich die Farben dadurch nur sehr unmerklich. Jetzt kam er auf den Gedanken, ob wohl die Lichtstrahlen nach ihrem Austritt aus dem Prisma eine krummlinige Gestalt hätten? Diese Frage mufste jedenfalls beantwortet werden. Er untersuchte auch diese, indem er den Abstand der Wand vom Prisma successive verringerte, und dabei jedesmal auch die Ausbreitung des Farbenbildes. Da fand er denn, dafs der Divergenzwinkel der Strahlen derselbe blieb, mithin also die Strahlen gradlinig sein mufsten.

Hierdurch belehrt, dafs die Ausbreitung des Farbenbildes kein zufälliges Phänomen sei, sondern aus der Divergenz der ausfahrenden Strahlen entspringe, zog er nun den Schlufs, dafs das weifse Licht nicht homogen sei, sondern dafs es aus Strahlen verschiedener Farbe und verschiedener Brechbarkeit bestehe, die eben wegen ihrer verschiedenen Brechung durch das Prisma von einander gesondert werden.

Zur Bestätigung dieser Ansicht stellte er noch folgende Versuche an: Er stellte hinter das erste Prisma ein Brett mit einem kleinen Loch, und in 12 Fufs Entfernung davon ein zweites Brett mit eben solchem Loch, und dahinter wiederum ein zweites Prisma. Vermöge dieser Vorrichtung mufsten die zum ersten Prisma ausfahrenden Strahlen immer unter denselben Winkeln auf das zweite fallen. Durch eine kleine Drehung des ersten Prismas konnte er es nun leicht dahin bringen, dafs nach einander ein violetter, blauer, gelber und rother Strahl auf das zweite Prisma fiel, und dabei beobachtete er ganz unzweideutig, dafs der violette stärker gebrochen wird als der gelbe, der gelbe stärker als der rothe u. s. w. Er hielt auch hinter ein erstes horizontal gestelltes Prisma ein zweites in vertikaler Stellung, so dafs die zweite Brechung winkelrecht zur ersten wurde; da nahm dann das Spektrum eine schiefe Lage an, wobei das violette Ende am meisten verschoben ward. Endlich betrachtete er auch

ein halb roth, halb blau gefärbtes Papier durch ein Prisma, und sah dabei die blaue Hälfte mehr verschoben als die rothe.

Alle diese Versuche befestigten ihn in der Ansicht, dafs das weifse Licht aus unzählig vielen Farbenstrahlen von verschiedener Brechbarkeit bestehe, und dafs zu demselben Grade von Brechbarkeit immer ein und dieselbe Farbe gehöre.

275. Die genauere Untersuchung der Dispersion, und die darauf gegründete Ansicht von der Zusammengesetztheit des weifsen Lichts, macht den bleibendsten Theil von **Newton**'s optischen Verdiensten aus. Wie unwahrscheinlich auch die Lehre von der Zusammensetzung des weifsen Lichts aus unzählig vielen oder auch nur sieben Farben erscheinen mag, und wie oft sie auch zum Theil ganz unverständiger Weise z. B. von **Göthe** angegriffen worden ist, so hat man doch bisher keine bessere an ihre Stelle setzen können, und sie ist unverändert in die heutige Undulationstheorie aufgenommen worden. In gewissem Sinne wird sie auch immer bestehen bleiben, denn es kann im Grunde nur darüber gestritten werden, ob die Farben des Spektrums ursprünglich im weifsen Licht enthalten sind, oder erst durch Wirkung des Prismas, beim Aufstofsen des Lichts auf dessen Masse, daraus gebildet werden.

Wann **Newton** sich diese Erklärung der Dispersion gebildet hat, ist nicht ganz sicher anzugeben. Einige sagen im J. 1666, andere 1669. Wenn man erwägt, dafs **Newton** seiner eigenen Angabe gemäfs sich erst 1666 ein Prisma kaufte, dafs er in demselben Jahre gezwungen war Cambridge wegen der Pest zu verlassen, und innerhalb zwei Jahren seine Untersuchungen nicht fortsetzen konnte, so dürfte das Jahr 1669 das wahrscheinlichere sein. Dazu kommt noch, dafs **Newton** in dem letzteren Jahr die Herausgabe von **Barrow**'s optischen Vorlesungen besorgte, worin über die Farben höchst unhaltbare Ansichten vorgetragen werden. Wenn **Newton** schon im J. 1666 eines Besseren belehrt gewesen wäre, so sollte man meinen, er

hätte seinen Lehrer abgehalten solche Dinge bekannt zu machen. Indeſs bleibt dies nur Vermuthung, er könnte auch seine Gründe gehabt haben seinem Freund und Lehrer nicht zu widersprechen, oder sein Eigenthum noch zu bewahren.

Die Entdeckung der ungleichen Brechbarkeit der verschiedenen Farbenstrahlen führte **Newton** zu der Ansicht, daſs sie eine Hauptursache von der Unvollkommenheit der damaligen Fernröhre sei. Er überzeugte sich, daſs eine Linse, auf welche weiſses Licht einfällt, die violetten Strahlen in einem ihr näheren Punkt vereinige als die rothen, und daſs demnach, wenn man hinter der ersten Linse eine zweite aufstelle, man nicht gleichzeitig die von den violetten und rothen Strahlen gebildeten Bilder deutlich sehen könne.

So weit war er vollkommen im Recht; allein zugleich machte er stillschweigend die nicht gerechtfertigte Voraussetzung, daſs in jedem Spektrum die Farbenvertheilung dieselbe sei, gleichviel aus welcher Substanz das brechende Mittel, das Prisma, die Linse, bestehe. Dies führte ihn dann zu dem unrichtigen Schluſs, daſs es überhaupt unmöglich sei vollkommene Fernröhre herzustellen, d. h. solche, die im weiſsen Licht durchaus scharfe und farblose Bilder geben. Er folgerte, daſs man solche vollkommene Bilder nur allein durch Reflexion erlangen könne, und dies gab ihm Veranlassung sich mit eigener Hand auf die Anfertigung von Spiegel-Teleskopen zu legen.

Es wird von **Biot** angegeben, **Newton** habe das Spiegel-Teleskop erfunden, aber dies ist ein Irrthum, **Newton** selbst gesteht in einem Briefe an **Oldenburg** vom 4. Mai 1672, daſs er das Instrument durch **James Gregory**'s *Optica promota 1663* kennen gelernt habe; allein er veränderte und verbesserte die Konstruktion desselben, und führte danach ein so vollkommenes Exemplar aus, daſs es, obwohl nur 6 Zoll lang, so viel leistete wie ein 6füſsiges Fernrohr damaliger Zeit. Die erste Nachricht darüber findet sich in einem Briefe von **Newton** an seinen Freund **Ent** datirt

vom 23. Februar 1668 (d. h. 1669 s. § 272), der auch dadurch merkwürdig ist, dafs darin die ersten Winke über seine Entdeckung hinsichtlich der Farben enthalten sind.

Als die königl. Gesellschaft vom Dasein dieses Instruments Kunde erhielt, bat sie sich dasselbe zur Ansicht aus, und **Newton** schickte es im December 1671 an den Sekretär **Oldenburg**. Seit der Zeit fing **Newton**'s Name an in gröfseren Kreisen berühmt zu werden wie **Galilei** durch das Fernrohr, obgleich beide die von ihnen verfertigten Instrumente nicht erfunden hatten. König Karl II. und sein Hof bewunderten **Newton**'s Instrument und die Royal Society erwählte den Anfertiger, wie früher bereits erzählt (§ 242), zu ihrem Mitglied. Aus Erkenntlichkeit dafür übersandte ihr **Newton** unter dem 6. Februar 1671 (1672) einen Abrifs seiner bisherigen Entdeckungen über das Licht, welche die königl. Gesellschaft in ihre Transactions für 1672 einrücken liefs. Dadurch wurden **Newton**'s Arbeiten der Welt bekannt. Sie erwarben ihm eifrige Bewunderer, doch in der ersten Zeit mehr Gegner als Anhänger, und es ward von jenen zum Theil mit sehr unhaltbaren Gründen die Lehre von der Dispersion bestritten.

276. Einer der ersten unter den Gegnern war der Pater **Ignatius Gaston Pardies**, Professor der Mathematik zu Clermont, geb. 1636, gest. 1673. Er behauptete, die Verlängerung des Farbenbildes entspränge aus der verschiedenen Incidenz der einfallenden Strahlen, obwohl **Newton** diesen Einwurf schon vorweg widerlegt hatte, und als **Newton** noch besonders darauf antwortete, nahm jener, ein Schüler **Descartes**', seine Zuflucht zu **Grimaldi**'s Hypothese vom Breiterwerden des gebrochenen Strahles und zu **Hooke**'s Wellentheorie.

Hierauf trat der Jesuit **Franciscus Linus** in die Schranken, ein Mann, der schon durch seine Opposition gegen die Lehre vom Luftdruck eine eben nicht vortheilhafte Probe seines Berufs zum Physiker abgelegt hatte (s. § 150 u. 208). Derselbe behauptete kühn, dafs bei vollkommen klarem Himmel das Sonnenbild niemals durch das Prisma

verlängert werde, daſs die Verlängerung des Farbenbildes nur durch das Licht von seitlichen weiſsen Wolken erzeugt werde. Dies gab dann zu Repliken und Gegenrepliken Anlaſs, die nicht einmal durch **Linus'** Tod ihre Endschaft erreichten, da namentlich einer von dessen Landsleuten **Anton Lucas** die Diskussion fortsetzte.

Anton Lucas, ein Schüler des **Linus**, war ein verständiger Mann. Er bestätigte im Ganzen **Newton**'s Beobachtungen, der Erste auf dem Kontinent und behauptete nur, er könne die Verlängerung des Farbenbildes nicht so groſs finden, wie sie **Newton** gefunden, nämlich statt 5 mal nur 3- oder $3\frac{1}{2}$mal. **Newton** antwortete darauf, das läge an der Kleinheit des brechenden Winkels seines Prismas, der nur 60^0 betrug; wenn er Prismen von 66^0 bis 67^0 nehme, würde er die Verlängerung schon gröſser finden. Zugleich wurde er dadurch veranlaſst die Länge des Spektrums bei verschiedenen Prismen zu messen, allein, sei es nun, daſs seine vorgefaſste Meinung über die Konstanz der Dispersion auf die Versuche einwirkte, oder daſs der Zufall ihm Prismen von nahezu gleicher Dispersivkraft in die Hände spielte, genug, er fand unter gleichen Umständen die Länge des Spektrums bei allen Prismen gleich, und lieſs sich somit die für die Konstruktion der Fernröhre so wichtige Entdeckung der Achromasie entgehen.

Auch selbst im Schooſse der königl. Gesellschaft sollten **Newton** Widersacher erstehen, **Hooke** und **Huyghens**. **Hooke** war ein zu guter Beobachter, als daſs er nicht im Allgemeinen die Richtigkeit der Newton'schen Angaben hätte einräumen sollen, das Dasein der ungleichen Brechungen, die Unveränderlichkeit der einfachen Farben, und die Zusammengesetztheit des weiſsen Lichts aus allen Farben. Allein er behauptete, die Ungleichheit der Refraktionen entspringe aus Zerfällung und Schwächung der Aetherschwingungen, und es gebe nur zwei ursprüngliche Farben, R o t h und V i o l e t t, aus deren Vermischung alle übrigen Farben entständen. **Newton** antwortete darauf am 11. Juni 1672 in einem sehr gemessenen Brief an **Olden-**

burg, worin er u. A. den ganz richtigen Ausspruch thut, daſs seine Farbenlehre von den beiden Hypothesen über den Ursprung des Lichts ganz unabhängig sei, und daſs die Annahme von nur zwei Farben nicht ausreiche. Ueberdies spricht er seine Vorliebe für die Emissionstheorie aus, und hebt an der Undulationstheorie Mängel hervor.

Auch **Huyghens** glaubte in der Newton'schen Farbenlehre einen Angriff auf die Undulationstheorie zu erblicken. und das mochte ihn wohl zu dem übereilten Ausspruch verleiten, daſs man mit zwei Farben, Blau und Gelb, vollkommen reiche, um daraus alle übrigen Farben und auch das weiſse Licht zusammenzusetzen. **Newton**, der bei jeder Gelegenheit gegen **Huyghens** groſse Achtung an den Tag legte, antwortete in einem Brief von 1672 an **Oldenburg** sehr schonend, aber doch auch bestimmt. Es mochte übrigens dies Zusammentreffen mit **Huyghens** doch wohl eine Veranlassung geworden sein, daſs er später gegen den *Traité de la lumière* so ungerecht war. Andererseits mag **Newton**'s Farbenlehre die Ursache gewesen sein, daſs **Huyghens**, was allerdings sehr auffallend ist, der Farben in seinem Traité mit keiner Sylbe gedenkt, obwohl derselbe 1678 in der pariser Akademie vorgelesen und 1690 gedruckt wurde. Man darf wohl glauben, daſs **Huyghens** nicht darüber im Reinen war, wie die Farbe nach der Undulationstheorie zu definiren und namentlich wie die Dispersion nach derselben zu erklären sei, und daſs er daher lieber die ganze Angelegenheit mit Stillschweigen überging, was auch allerdings das Gescheuteste war.

Auch **Mariotte** gehörte zu den Gegnern **Newton**'s, nicht aus theoretischen Gründen, sondern weil ihm dessen Versuche nicht hatten gelingen wollen. Er bestritt namentlich die Unveränderlichkeit der Farben, aber es wurde ihm auf Veranlassung von **Newton** durch **Desaguliers** nachgewiesen, daſs er die Farben seines Spektrums nicht gehörig getrennt habe.

Alle diese Angriffe, so unangenehm sie **Newton** auch sein mochten, thaten seiner Farbenlehre keinen Abbruch:

je länger sie bestand, desto festeren Fuſs faſste sie, bis sie endlich fast kanonisches Ansehn erlangte. Hierbei muſs ich erinnern, daſs **Newton** auf die Priorität der Entdeckung des Spektrums oder der Dispersion keinen Anspruch machen kann, da schon **Grimaldi** in seinem Werke: *Physico-Mathesis de lumine, coloribus et iride, Bononiae 1665* die Verlängerung des Sonnenbildes bei der prismatischen Brechung beobachtete, wenngleich freilich nicht erklärte (§ 154). Ja ich muſs hier hinzufügen, daſs selbst **Grimaldi** einen Vorgänger hatte, der in mancher Beziehung weiter ging als dieser, und einigermaſsen **Newton** nahe kam, es war dies

Marci de Kronland (Johannes Marcus), geb. 1595 zu Landskron in Böhmen und gest. 1667 als Professor der Medicin zu Prag, einer der gelehrtesten Männer seiner Zeit. Von ihm hat man ein Buch betitelt: *Thaumantias, liber de arcu coelesti deque colorum apparentium natura*, welches 1648 zu Prag erschienen ist. In diesem Buch räth er das Spektrum, welches er Iris trigonia nennt, in einem verfinsterten Zimmer zu beobachten, was, wie man sonst glaubte, **Newton** zuerst sollte gethan haben. Dann sagt er, daſs das farbige Licht beim Austritt aus dem Prisma mehr divergire; ferner, daſs das einmal farbig gewordene Licht nach allen folgenden Brechungen wieder dieselbe Farbe zeige! Das sind allerdings merkwürdige Sätze, aber daneben finden wir auch, daſs jede Farbe durch Kondensation in eine andere verwandelt werden könne, was offenbar den vorhergehenden wieder aufhebt. Ueberhaupt ist das ganze Buch ohne Klarheit und Präcision geschrieben, so daſs man häufig nicht weiſs, ob er aus Erfahrung spricht oder bloſs Ideen giebt. Dadurch hat der Verfasser selbst seinem Werke das Schicksal bereitet, daſs es vergessen ward, und auch jetzt nur noch als ein Kuriosum genannt wird.

277. Gegen Ende des J. 1675 am 9. December theilte **Newton** seine zweite Hauptuntersuchung im Gebiet der Optik der königlichen Gesellschaft mit, nämlich seine Ab-

handlung über die Farben dünner Blättchen. Diese Arbeit wurde veranlafst durch eine, welche **Hooke** im J. 1672 der königlichen Gesellschaft vorgelesen hatte, und von den Farben der Seifenblasen ausging (§ 248).

Die Farben der Seifenblasen waren zuerst im J. 1663 von **Robert Boyle** beachtet worden (§ 209, No. 8), und drei Jahre später 1666 hatte Lord **Brereton** die Farben alter in Verwitterung begriffener Fensterscheiben zum Gegenstand eines Vortrags in der königlichen Gesellschaft gemacht. An einer genaueren Untersuchung dieser Farben fehlte es aber noch, **Hooke** gedachte sie zu liefern, kam aber seinem Ziele lange nicht nach. Indefs lehrte er doch ein Paar neue Fälle dieser Farben kennen, zuerst an dünnen Glimmerblättchen, und dann beim Zusammendrücken zweier Glasplatten. Als er zwei geschliffene Glasplatten stark an einander drückte, gewahrte er an den Stellen des stärksten Drucks beim Daraufsehen schwarze Flecke, die von mehreren Ringen oder krummen Streifen in den schönsten Farben umgeben waren. Er kam zu dem Schlufs, dafs die Farben von der Dicke des Zwischenraumes der Glasplatten abhängen, aber er vermochte weder die Dicke dieses Zwischenraums zu messen, noch überhaupt eine genügende Erklärung der Farben zu geben.

Veranlafst durch diese Beobachtungen nahm **Newton** den Gegenstand auf. Er legte eine bikonvexe Glaslinse, deren Krümmungsradius für jede Seite 50 Fufs betrug, auf die ebene Seite eines plankonvexen Glases, wozu er ein Objektiv anwandte, und prefste beide Gläser an einander. Da sah er denn das Phänomen nicht nur in der regelmäfsigsten Gestalt, nämlich als ein System koncentrischer Ringe, sondern er hatte zugleich in der bekannten Krümmung des oberen Glases das Mittel in der Hand, die Dicke des Zwischenraumes für jede Stelle, also für jeden Farbenring, genau zu berechnen.

Er fand, dafs sowohl beim Daraufsehen, also mittelst Reflexion, als auch beim Hindurchsehen, also mittelst Transmission des Lichts Farbenringe zum Vorschein kamen;

dafs die Farben der ersteren Ringe die komplementaren der letzteren waren, d. h. diejenigen, welche fehlen um weifses Licht hervorzubringen; dafs jene Ringe ein schwarzes, diese ein weifses Centrum hatten. Als er ferner die Radien der hellsten Zonen in den Ringen und der dunkelsten in den Zwischenräumen der Ringe mit einem Zirkel mafs, so fand er, dafs die Quadrate der Radien

bei den hellen Ringen im Verhältnifs 1 : 3 : 5 : 7 : 9 . . .
- - dunklen - - - 0 : 2 : 4 : 6 : 8 . . .

standen. Indem er dann die absolute Gröfse der hellsten Zone des ersten Ringes mafs, berechnete er, dafs daselbst die Dicke der Luftschicht

$\frac{1}{178000}$ Zoll = $\frac{1}{14833}$ Linien engl. betrage.

Als er ferner statt der Luft etwas Wasser zwischen die beiden Gläser brachte, so sahe er, dafs die Ringe ohne die Ordnung ihrer Farben zu ändern, in dem Verhältnifs 8 : 7 sich zusammenzogen. Hieraus schlofs er, dafs die Dicke der Wasserschichten sich zur Dicke der Luftschichten, welche ebendieselben Farben hervorbringen, verhalte wie $7^2 : 8^2 = 49 : 64$ d. h. nahe wie 3 : 4, oder wie das Brechungsverhältnifs für Wasser und Luft.

Endlich brachte er auch diese Farben an Seifenblasen hervor, und da er sich für berechtigt hielt aus der Farbe einer dünnen Schicht auf deren Dicke zu schliefsen, so folgerte er, dafs die Dicke der Blase, wo sie das Roth dritter Ordnung zeige, 21 Milliontel eines englischen Zolles betrage.

Dies im Wesentlichen der faktische Theil der Untersuchung eines Phänomens, welches zwar von **Hooke** zuerst gesehen worden ist, welches man aber dennoch und mit Recht das Phänomen der Newton'schen Ringe genannt hat, weil hier die Untersuchung höher steht als die blofse Entdeckung. Es handelt sich nun darum das Phänomen zu erklären. Dafs hier die Entstehung der Farben eine andere sei als bei der Brechung des Lichtes im Prisma, lag wohl auf der Hand, es mufste also eine neue Erklärung

aufgesucht werden. Nach einigem Nachdenken gelang es Newton auch wirklich eine Hypothese aufzufinden, die bis zu einem gewissen Grade den Erscheinungen genügt und seinem Scharfsinn alle Ehre macht, die aber zugleich einen deutlichen Beweis von der Mangelhaftigkeit der Emissionstheorie liefert, indem die Hypothese eine rein willkührliche, blofs für dieses Phänomen ersonnene ist.

Um die prismatische Refraktion zu erklären nahm Newton ursprünglich an, dafs das weifse Licht aus verschiedenartigen Theilchen zusammengesetzt sei, die nun einmal aus einem nicht weiter angegebenen Grunde eine verschiedene Brechbarkeit, und demgemäfs eine verschiedene Farbe besitzen. Später als er sein System vollständig entwickelte, supponirte er, dafs die Verschiedenartigkeit der Lichttheilchen in deren Gröfse begründet sei in der Weise, dafs die kleinsten Theilchen die violette Farbe des Spektrums und die stärkste Brechbarkeit zeigen. Da er zugleich die Brechung des Lichts aus einer Anziehung erklärte, so mufste er damit auch annehmen, dafs die kleinsten Lichttheilchen am stärksten vom brechenden Medium angezogen werden, eine offenbar unzulängliche und den Grundsätzen der Mechanik widersprechende Hypothese. da z. B. ein grofser Stein nicht anders zur Erde fällt, als ein kleiner.

Das Phänomen der nach ihm benannten Ringe zwang Newton den Lichttheilchen eine zweite neue Eigenschaft beizulegen, er mufste nämlich annehmen, dafs die Lichttheilchen, und dies wiederum aus einem nicht aus ihrer Natur geschöpften Grunde, die Eigenschaft hätten periodisch ihren Zustand zu ändern, und zwar so, dafs sie in einem Moment leichter reflektirbar und in einem anderen Moment leichter refrangirbar seien. Newton belegte diese hypothetischen periodischen Fähigkeiten zur leichteren Reflexion oder leichteren Refraktion mit dem Namen Fits, was man im Deutschen durch Anwandlungen, französisch Accès, lateinisch Vices wiedergegeben hat. Diese Fits, nimmt er an, folgen desto schneller aufeinander, je mehr die

Farben sich dem violetten Ende des Spektrums nähern, d. h. je kleiner die Lichttheilchen seien.

Nach dieser Hypothese läfst sich denn wirklich das Phänomen der Newton'schen Ringe bis zu einem gewissen Grade erklären. Am einfachsten wird die Sache, wenn man annimmt, es falle auf das System der beiden Gläser, Linse und Planglas, homogenes Licht, oder eine Reihe von Lichttheilchen gleicher Gröfse oder gleicher Fits. Heifst CD die konvexe Oberfläche des unteren Glases oder der Linse, die ebene Fläche darüber AB, und der Punkt, in welchem letztere die erste tangirt O, so wird derjenige Theil des auf AB fallenden Lichtes, dessen Theilchen im Zustand der leichteren Reflexion sind, zurückgeworfen, derjenige aber, dessen Partikel in der Anwandlung leichterer Refraktion sind, weiter gehen und die bogige Fläche CD erreichen.

Nun ist klar, dafs die Lichttheilchen die Fläche CD nicht alle gleichzeitig erreichen, sondern von O aus nach C und D hin immer später. Die Folge davon ist, dafs die auf der bogigen Fläche CD anlangenden Partikel sich theils im Zustand der leichteren Reflexion theils in dem der leichteren Refraktion befinden. Die in der letzteren Anwandlung befindlichen gehen durch, die anderen werden zurückgeworfen, und da der Rückweg ebenso lang ist wie der Herweg, so müssen die an CD reflektirten bei Ankunft in AB im entgegengesetzten Zustand befindlich sein, wie bei Ankuft auf CD, d. h. durch AB durchgehen. Die Folge dieses ganzen Vorganges ist, dafs von der Mitte O aus das Licht wechselweise zurückgeworfen und durchgelassen wird, dafs also auf beiden Seiten der Linse abwechselnd helle und dunkle Ringe zum Vorschein kommen, und zwar so, dafs die hellen der oberen Seite den dunklen der unteren entsprechen und umgekehrt.

Was vom Licht der einen Farbe gilt, das gilt auch vom Licht jeder Farbe, nur dafs die Gröfse der Ringe verschieden ist. Bei weifsem Licht bilden sich zugleich Ringe von allen Farben, und indem diese einander über-

decken, entspringen daraus die Farbenreihen, welche **Newton** durch die Beisätze 1., 2., 3. Ordnung bezeichnet hat.

Diese Erklärung ist wohl ganz plausibel, aber man begreift doch nicht, was denn eigentlich die Lichttheilchen in den Zustand der leichteren Reflexion und Refraktion versetzen soll, zumal wenn, wie **Newton** meint, die Reflexion und Refraktion durch Anziehung und Abstofsung bedingt wird. Es müfsten also die Lichttheilchen periodisch leichter anziehbar und abstofsbar sein, und wie das bei ungeänderter Masse möglich ist, läfst sich nicht recht absehen.

Newton selbst fühlte, dafs die Fits oder Anwandlungen noch keine befriedigende Erklärung gäben, und fügte daher eine zweite Hülfshypothese hinzu, um wiederum die Fits zu erklären. Er sagt, um sich die Anwandlungen der leichteren Reflexion und Refraktion zu erklären, dürfe man sich nur vorstellen, die Lichtstrahlen beständen aus Theilchen, welche durch ihre Anziehung oder durch sonst eine Kraft in den Körpern, auf welche sie wirken, Schwingungen erregen. Wären nun diese Schwingungen schneller als die Strahlen selbst, so würden sie die Geschwindigkeit der Strahlen abwechselnd schwächen und vergröfsern, und somit die Anwandlungen erzeugen. Selbst unter **Newton**'s Anhängern meinten die Verständigen, diese Erklärung sei denn doch allzu gekünstelt!

278. Auf die Abhandlung von den dünnen Blättchen folgte zu Anfang des Jahres 1676 eine zweite über einen damit in Zusammenhang stehenden Gegenstand, nämlich über die natürlichen Farben der Körper, worin er sich zugleich über die Ursache der Durchsichtigkeit und Undurchsichtigkeit ausspricht. Durchsichtigkeit entsteht nach ihm, wenn die Theilchen der Körper und ihre Zwischenräume so klein sind, dafs sie das Licht nicht zurückzuwerfen vermögen. Undurchsichtigkeit dagegen entsteht, wenn die Körpertheilchen so grofs sind, dafs sie das Licht zu reflektiren vermögen; die Menge der inneren Reflexionen ist es dann, welche das Licht vernichtet. Die natürlichen Farben der Körper haben denselben Ursprung

wie die Farben der dünnen Blättchen, sie werden von der Gröſse der kleinsten Körpertheilchen bedingt, die auch bis zu einem gewissen Grade durchsichtig sind.

Diese Ansichten sind, wie bis dato alle, welche die innere Konstitution der Körper betreffen, sehr hypothetisch und sie stimmen auch nicht mit unsern heutigen, welche die Farben der Körper durch Lichtabsorption erklären, einen Proceſs, der noch gegenwärtig zu den dunkelsten in der Optik gehört. Allein dessen ungeachtet begründeten doch diese Ansichten **Newton**'s eine gewisse Epoche in der Optik, denn was vor ihm über das Wesen der Farben überhaupt, und über die natürlichen Farben der Körper gesagt worden, war im höchsten Grade unzulänglich, und rein das Spiel der Phantasie.

Descartes z. B., der sich das Licht als bestehend aus harten Kügelchen denkt, die einander unmittelbar berühren und somit den Stoſs fortpflanzen, den sie durch die Erzitterung der Theilchen des leuchtenden Körpers bekommen (wodurch er u. A. auch erklären will, weshalb die Katzen im Dunkeln sehen, was beiläufig gesagt nicht wahr oder erwiesen ist), **Descartes** nimmt an, die Farben entständen durch eine Drehung der Kügelchen kombinirt mit deren gradliniger Bewegung, wovon die Möglichkeit bei der unmittelbaren Berührung der Kügelchen nicht einmal recht einzusehen ist. Wenn die drehende Bewegung stärker ist als die gradlinige, so entsteht die rothe Farbe, im umgekehrten Fall die blaue, und wenn beide Bewegungen gleich sind, die gelbe.

Selbst die Anhänger der Undulationstheorie verstanden noch nicht eine Erklärung der Farben aus ihr abzuleiten. **Huyghens** übergeht die Sache ganz mit Stillschweigen; **Grimaldi** sagt nur, die Farbe sei das Licht selbst, und auf eine besondere Weise für den Gesichtssinn fühlbar gemacht, und **Hooke**, der wohl zuerst versucht hat im Sinne der Undulationstheorie eine Erklärung von der Farbe zu geben, schoſs dabei soweit fehl, daſs man es **Newton** wahrlich nicht verargen kann, wenn er sich dadurch nicht zur Undula-

tionstheorie bekehren liefs. Hooke nimmt nur zwei Farben an, Roth und Blau, und er sagt, Roth ist der Eindruck auf die Netzhaut von einer Lichterschütterung, deren stärkerer Theil vorangeht, und deren schwächerer folgt; das Blau entsteht auf entgegengesetzte Weise.

Um bemerklich zu machen, wie sehr diese Erklärungsweise von der unserer heutigen Undulationstheorie verschieden ist, will ich anführen, dafs nach dieser die Verschiedenheit der Farben aus der Verschiedenheit in der Dauer der Aetherschwingungen entsteht, ganz nach Analogie mit den Tönen, deren Höhe und Tiefe faktisch von der Dauer der Schwingungen des tönenden Körpers bedingt wird. Wie es scheint, ist es unser Landsmann Euler, der diese einfache und scheinbar so nahe liegende Erklärung zuerst aufstellte; er gab sie freilich nur in einer rein theoretischen Abhandlung: *Nova theoria lucis et colorum* in den berliner Denkschriften 1746.

279. Die Abhandlung über die dünnen Blättchen verwickelte Newton in einen Streit mit dem reizbaren und eifersüchtigen Hooke, so dafs er beschlofs von nun an, so lange Hooke leben würde, nichts mehr von seinen Arbeiten im Gebiet der Optik bekannt zu machen. Erst 1704, zwei Jahre nach dem Tode Hooke's, den er zum Glück oder auch vielleicht zum Unglück für die Wissenschaft überleben mufste, zu einer Zeit, wo er Präsident der königl. Gesellschaft war, und sich auf dem Gipfelpunkt seines Ruhmes und seines Einflusses befand, sehen wir ihn wieder das Gebiet der Optik betreten und zwar durch Herausgabe desjenigen Werkes, welches von nun an über ein Jahrhundert der Kodex für die Lichtlehre sein sollte. Es erschien zunächst englisch unter dem Titel: *Opticks or a treatise of the reflections, refractions, inflections and colours of light, Lond. 1704.* Da es damals noch zur Verbreitung eines Werkes beitrug, wenn es ins Lateinische übersetzt wurde, so übertrug Newton diese Arbeit einem Dr. Clarke, welcher sie so zu seiner Zufriedenheit ausführte, dafs er diesem freiwillig für jedes der 5 Kinder desselben ein Ge-

schenk von 100 Lstrl. machte. Die lateinische Uebersetzung erschien 1706.

Sowohl die englische wie die lateinische Ausgabe erlebte mehrere Auflagen, die englische 4 in London, die lateinische 6, davon 4 in London, 1 in Lausanne, 1 in Padua, aufserdem erschienen 3 französische Uebersetzungen, 1 in Amsterdam, 2 in Paris. Selten hat ein Werk der exakten Wissenschaft so viele Ausgaben erlebt, wie **Newton**'s Optik, ein wunderlicher Kontrast zum Schicksale von **Huyghens**' Traité, der schon mit einer Ausgabe die Welt befriedigen sollte, und doch ist der Traité weit lesbarer als die Opticks.

In seiner Optik hat nun **Newton** alles gesammelt und geordnet, was er vom Anbeginn seiner Beschäftigung mit dem Licht bis zum Erscheinen des Werks in diesem Zweige der Physik geleistet hat. Wir finden dort die Sachen nicht mehr, wie sie gefunden worden sind, sondern systematisch zusammengestellt und gegliedert nach Büchern, Kapiteln, Definitionen, Axiomen, Propositionen, Theoremen, Korollaren und Experimenten, wodurch denn das Ganze eine etwas steife Form erhält, obwohl es, wie alles von **Newton** mit Klarheit und Präcision geschrieben ist.

Das Werk zerfällt in drei Bücher: Buch I handelt von der Reflexion, Refraktion und Dispersion, die hier nach den Grundsätzen der Emissionstheorie und deren Hülfshypothesen umständlich erklärt werden. Genau genommen ist es nur die Refraktion, welche **Newton** bis zu einem gewissen Punkt befriedigend erklärt hat. Auf sie ist das Princip der Emissionstheorie, d. h. die Anziehung des brechenden Mittels senkrecht gegen seine Fläche auf die Lichttheilchen, ohne weiteres anwendbar, und um den Einwand zu entfernen, dafs doch eigentlich keine Fläche, wenigstens keine künstlich hergestellte, eine vollkommene Ebene sei, braucht man nur anzunehmen, dafs die Anziehungskraft ein wenig in die Ferne wirke, über die Unebenheiten der Fläche hinaus. Dann wird der Lichtstrahl, wenn er der Fläche bis in den Wirkungskreis der An-

ziehungskraft nahe gekommen ist, sich krümmen bis er in das Mittel eingedrungen ist. Hier wird er dann wieder in grader Linie fortgehen, und zwar mit einer gleichförmigen Geschwindigkeit, welche gröfser ist als diejenige, die er in dem ersten Mittel, Luft, Vakuum u. s. w. besafs. Die Konstanz des Verhältnisses der Sinusse i und r ist eine Folge dieser Betrachtungen.

Auf eben die Art läfst sich auch noch die von Keppler entdeckte innere oder totale Reflexion erklären, wie es auch von **Newton** wirklich geschieht. Fällt nämlich ein Lichtstrahl unter hinlänglicher Neigung auf die Hinterfläche eines brechenden Mittels, so ist leicht begreiflich, dafs, wenn eine Anziehungskraft vorhanden ist, diese stark genug sein kann, um entweder den Strahl am Austreten zu hindern, oder wenn er ein klein wenig ausgetreten ist, wieder in das Mittel zurückzuführen. Bekanntlich geschieht dies, wenn der Strahl im Innern des dichteren Mediums z. B. in Glas auf die Hinterfläche unter einem gröfseren Winkel als dem Gränzwinkel fällt, d. h. dem zum Einfallswinkel $i = 90^0$ gehörigen Brechungswinkel. Dieser ergiebt sich aber, wegen $\sin i = n \sin r$, aus $\sin r = \frac{1}{n}$. Setzt man für den Uebergang des Lichts aus Luft in Glas $n = 1{,}50$, so wird $\sin r = 0{,}667$, mithin der Gränzwinkel $r = 41^0\ 50'$. Alles Licht, welches unter diesem Winkel oder einem gröfseren auf die Hinterwand fällt, tritt nicht mehr aus dem Glase heraus. Nimmt man genauer für die blauen Strahlen $n = 1{,}56$, und für die rothen $n = 1{,}54$, so wird für jene $r = 39^0\ 52'$, für die letzten $r = 40^0\ 29'$.

Das alles hat **Newton** ganz hübsch auseinander gesetzt, wiewohl ihn der Umstand, dafs bei der innern Reflexion die blauen Strahlen eher reflektirt werden als die rothen, zu der unnöthigen Annahme veranlafst, dafs es Strahlen von verschiedener Reflexibilität gebe.

Anders macht sich aber die Sache bei der gewöhnlichen Reflexion, wo das Licht aus einem lockeren Mittel auf die Vorderfläche eines dichteren Mittels fällt. Da kann

man, wie auf den ersten Blick einleuchtet, mit der Anziehungkraft nichts ausrichten. Wie nun aber hat es **Newton** hier gemacht? Wenn man die betreffenden Stellen seiner Optik durchliest und das Facit von Allem nimmt, so findet man, dafs es wirklich null ist; er giebt keine Erklärung. Er zeigt wohl, wie die Reflexion nicht entstehen könne, aber wie sie entsteht, sagt er nirgend befriedigend. So zeigt er, dafs die Reflexion nicht nach Art des Abprallens elastischer Kugeln geschehen könne, wie man bis dahin häufig angenommen hatte, weil die meisten Flächen, an denen wir Licht reflektiren lassen, dazu offenbar lange nicht eben genug seien.

Wir haben vorhin gesehen, dafs **Newton**, um die Farben dünner Blättchen zu erklären, den Lichttheilchen periodische Anwandlungen der leichteren Reflexion und Refraktion beilegt. Man könnte auf den ersten Blick glauben, diese Hypothese helfe hier aus; allein das ist nicht der Fall. Die Leichtigkeit der Reflexibilität und Refrangibilität allein reicht noch nicht hin, um wirklich eine Reflexion oder Refraktion zu Stande zu bringen. Dazu mufs noch eine Kraft hinzutreten, und wirklich nimmt **Newton** eine solche Kraft, eine Reflexions- oder Repulsivkraft an. Aber damit sind die Schwierigkeiten auch nicht gehoben. Man denke sich nur, ein und dasselbe Mittel soll zugleich eine Repulsiv- und eine Attraktivkraft auf die Lichttheilchen ausüben! Die Sache wird noch unbegreiflicher, wenn man erwägt, dafs **Newton**, gestützt auf die Thatsache, dafs diejenigen Körper, welche das Licht am stärksten brechen, es auch am stärksten zurückwerfen, den Ausspruch thut, die Repulsiv- und die Attraktivkraft seien eine und dieselbe Kraft!

Ein wohlwollender Anhänger **Newton**'s, **Herschel** der Jüngere, sagt in seiner Optik, § 526, die Sache werde begreiflich, wenn man annehme, die Lichttheilchen hätten Pole wie die Magnete und drehten sich um ihre Axe, etwa wie es sich **Descartes** dachte. Sie würden dann abwechselnd den Nord- oder Südpol der Fläche zuwenden, und

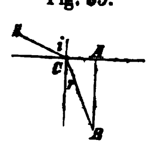
wenn der brechende Körper mit Nordkraft begabt wäre, entweder angezogen oder abgestofsen werden. Allein auch diese Hypothese hinkt sehr stark, denn wenn über einer Fläche ein anderes dichteres Mittel vorhanden wäre, dem man doch auch eine Nordkraft beilegen müfste, so würde es, weil es zunächst auf den Südpol wirkt, die Reflexion verstärken müssen, was aber nicht der Fall ist. Es ist Thatsache, auf die auch Newton sich beruft, dafs im Allgemeinen die Reflexion an einer Fläche desto schwächer wird, je dichter das darüber befindliche Mittel ist, ja, dafs bei gleicher Dichte beider die Reflexion meistens ganz aufhört.

Also auch mit dieser Hypothese kommen wir nicht durch, und es bleibt fest stehen, dafs die Emissionstheorie von dem einfachsten aller Lichtphänomene, der äufseren Reflexion, keine befriedigende Erklärung giebt. Was Newton einigermafsen erklärt hat, und nur allein erklärt hat, ist die Refraktion und Dispersion; man kann das Phänomen der dünnen Blättchen nicht hinzufügen, weil deren vollständige Erklärung die der Reflexion involvirt. Newton selbst scheint das Ungenügende seiner Erklärung der Reflexion gefühlt zu haben, denn während er die Refraktion, die Dispersion und auch die innere Reflexion sehr ausführlich abhandelt, geht er über die äufsere Reflexion so oben hin weg, eine Erscheinung, die uns auch in den Werken neuerer Newtorianer z. B. in dem *Traité de physique, Paris 1816*, von Biot sehr auffällig entgegen tritt, sobald man erst auf sie aufmerksam gemacht ist.

280. Zur Ergänzung seiner Ansicht über die Lichtbrechung stellt Newton in dem folgenden Buch II, Proposit. III noch das Mafs der Brechkraft eines Körpers fest. Die Brechkraft ist ihm wie die Schwere eine gleichförmig beschleunigende Kraft; solche Kräfte verhalten sich wie die Quadrate der Geschwindigkeiten, welche sie bei gleichen Wegen erzeugen. Denn nach den Fallgesetzen ist $c = gt$ und $s = \frac{1}{2}gt^2$, woraus $c^2 = 2gs$ und für $s = 1$ wird $2g = c^2$. Nun denkt sich Newton einen Lichtstrahl nahezu parallel

mit der Oberfläche auf ein Mittel fallend, so dafs dieses fast rechtwinklig auf ihn wirkt. Es sei SC, Fig. 35, der einfallende, CB der gebrochene Strahl. Die Geschwindigkeit des letzteren läfst sich zerlegen in eine CA, welche er ursprünglich schon besafs und in eine zweite AB, die er durch das Mittel erhielt. Das Quadrat dieser Linie, also AB^2, wäre nun das Mafs der Brechkraft.

Fig. 35.



Aus $\sin i = n \sin r$, wenn $i = 90^0$, folgt $\sin r = \frac{1}{n}$; ferner ist $AB = \operatorname{cotg} r$. Da aber $\operatorname{cotg}^2 r = \frac{\cos^2 r}{\sin^2 r}$, so hat man $\operatorname{cotg}^2 r + 1 = \frac{1}{\sin^2 r}$, und daraus

$$AB^2 = \operatorname{cotg}^2 r = n^2 - 1.$$

Dies wäre der Ausdruck für die gesammte Brechkraft. Jede solche Gesammtkraft ist aber das Produkt aus der Intensität der von der Masseneinheit ausgeübten Kraft und der Dichte des Mittels. Um also die Intensität der Brechkraft zu erhalten, haben wir noch durch die Dichte $= d$ zu dividiren, und erhalten

$$\frac{n^2 - 1}{d}$$

als Ausdruck für das Mafs der Brechkraft eines lichtbrechenden Körpers. Bestärkt sah sich Newton durch eine Reihe von Messungen über das Brechungsverhältnifs von 20 und einigen starren und flüssigen Körpern, wobei er fand, dafs die Brechkraft bei vielen dieser Körper gleich sei. Die bemerkenswertheste Ausnahme davon zeigten ihm die fetten Substanzen. Diese unter sich verglichen kamen indefs der Gleichheit wiederum einigermafsen nahe. Die stärkste Brechkraft zeigte ihm der Diamant; wenn er diesen indefs den fetten Substanzen unterordnete, so wurde die Abweichung viel geringer. Darauf gestützt sprach Newton die Vermuthung aus, der Diamant sei *probably an unctuous substance coagulated.* [1])

[1]) Newton, Opticks etc. p. 249.

Später ist dieser Ausspruch **Newton**'s als Beweis einer grofsen Divinationsgabe von **Biot** ausgelegt. Wir wollen ihm dies nicht streitig machen, müssen aber doch bemerken, dafs zur Zeit der Herausgabe der Optik 1704 die Verbrennlichkeit des Diamanten schon ein Faktum war, denn bereits in den Jahren 1694 und 1695 liefs der Grofsherzog Cosimo III. zu Florenz mittelst Brenngläser durch **Averani** und **Targioni** Diamanten verbrennen (§ 194). Es ist möglich, dafs **Newton** seine Versuche über die Brechverhältnisse und somit seine Konjektur über den Diamant lange vor der Herausgabe der Optik machte, allein ich habe das Datum darüber nicht auffinden können. In der Abhandlung die er 1675 der Roy. Society einreichte, und die sonst dieselben Gegenstände wie Buch II der Optik behandelt, findet sie sich nicht, steht aber in **Birch**'s Hist. of the Roy. Society Vol. III, p. 247, 261, 296; in den Phil. Transact. findet sich nur eine optische Abhandlung von **Newton**, die erste von 1672.

Uebrigens wird die Behauptung, dafs $\frac{n^2-1}{d}$ eine konstante Zahl oder n^2-1 der Dichte proportional sei, schon durch **Newton**'s eigene Versuche wenig bestätigt, und noch mehr hat sie sich in der Folge als unrichtig gezeigt.

281. In demselben Buch I, Propos. II findet sich auch die Theorie des Regenbogens, welche bis vor wenigen Jahren als ein unübertroffenes Muster der Vollkommenheit einer Theorie angesehen ward, und auch wirklich bis zu einem gewissen Punkt nichts zu wünschen übrig läfst, an welcher aber doch die neuere Undulationstheorie zwei wesentliche Mängel aufgefunden hat:

1) dafs sie die supernumerären oder überzähligen Farben, jene grünlichen und purpurfarbenen scharf begränzten Streifen an der inneren violetten Seite des Hauptbogens nicht erklärt, ja nicht einmal erwähnt;

2) dafs sie für die Werthe der Durchmesser beider Hauptbogen und ihrer verschiedenen Farben keine ganz

richtigen Werthe giebt. Indem nämlich **Newton** das Brechungsverhältnifs beim Uebergang des Lichts aus Luft in Wasser setzt:

für den violetten Strahl	=	109 : 81
- - rothen -	=	108 : 81,

findet er den Radius

	des Hauptbogens	des Nebenbogens
für violett	= 40° 17'	= 54° 7'
- roth	= 42 2	= 50 57.

Die Newton'sche Theorie des Regenbogens ist übrigens nur eine geringe Erweiterung der Descartes'schen, eine Anwendung von dieser auf die einzelnen Farben des weifsen Lichts. **Descartes**, der sich noch keine befriedigende Rechenschaft von der Entstehung der Farben zu geben wufste, erhielt durch seine Erklärung nur zwei farblose Bogen (§ 139, 140); nimmt man aber an, das Licht bestehe aus vielen Farbenstrahlen, die an Brechbarkeit verschieden sind, so bekommt man ganz auf dieselbe Weise zwei violette, blaue ... rothe Bogen, und wenn, wie es wirklich der Fall ist, das Violett stärker gebrochen wird als das Roth, so wird im Hauptbogen das austretende Violett einen kleineren Winkel mit den einfallenden Strahlen bilden als das Roth, folglich an der inneren Seite des Hauptbogens liegen (vergl. Fig. 1 und 2, § 45). Am Nebenbogen wird aus gleichem Grunde das Violett einen gröfseren Winkel als das Roth mit den einfallenden Strahlen machen, und also an der äufseren Seite des Bogens liegen. Diese nebeneinander liegenden Farben der beiden Bogen bilden dann zusammen das Phänomen des Regenbogens.

282. Das zweite Buch der Newton'schen Optik handelt von den Farben dünner Blättchen und den natürlichen Farben der Körper, bei welcher Gelegenheit denn die Hypothese von den Fits oder Anwandlungen, die ich schon auseinander setzte, umständlich vorgetragen wird. In der letzten Abtheilung dieses Buches beschreibt **Newton**

das von ihm zuerst beobachtete Phänomen der Farben dicker Platten[1]).

Er liefs Licht durch eine Oeffnung von $\frac{1}{3}$ Zoll Durchmesser in ein dunkles Zimmer fallen, und fing es mit einem $\frac{1}{4}$ Zoll dicken Hohlspiegel aus Glas auf, dessen konvexe Rückseite eine Quecksilberbelegung hatte. Der Halbmesser der Kugelfläche des Spiegels betrug 5 Fufs 11 Zoll. Hierauf hielt er einen weifsen Bogen Papier in der Entfernung des Mittelpunkts des Spiegels vor diesem so, dafs das Licht durch ein kleines Loch im Papier ging, und vom Spiegel wieder zurück auf dieses geworfen wurde. Er erblickte dann auf diesem Papier 4 bis 5 koncentrische Ringe mit Regenbogenfarben, und es zeigte sich bei weiteren Versuchen, dafs die Ringe auch bei einem unbelegten Spiegel auftraten, nur schwächer. Newton erklärte dieselben ebenfalls durch seine Fits, indefs ist später nachgewiesen, dafs sie anderen Ursprungs sind als die reflektirten Ringe dünner Blättchen, und aus der Interferenz der von der Vorder- und Hinterfläche des Glases reflektirten Strahlen hervorgehen.

Das dritte und letzte Buch enthält zunächst einige von Newton selbst für unvollkommen ausgegebene Versuche über die Diffraktion, die er Inflexion nennt. Die Versuche, obwohl mit Sorgfalt angestellt, haben diesem Phänomen keine neue Seite abgewonnen, und die darin angeführten Thatsachen finden sich der Hauptsache nach auch schon bei Grimaldi, die übrigens Newton kannte und auch citirt. Newton spricht sich nicht bestimmt über die Ursache der Erscheinung aus, doch ist er geneigt auch hier eine Anziehung wirken zu lassen, und Strahlen von verschiedener Inflexibilität anzunehmen, wie er bereits Strahlen von verschiedener Reflexibilität und Refrangibilität angenommen hatte.

Auf die Wellentheorie geht er nicht ein, obwohl er Grimaldi's Ansicht darüber kennt, und trotzdem dafs Hooke

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. III, 99; Herschel, Optik I, 438.

am 18. März 1674 (1675) in einer der königl. Gesellschaft überreichten Abhandlung diese Theorie ebenfalls auf die Diffraktions-Erscheinungen anzuwenden gesucht hatte. In sofern hatte diese Untersuchung **Newton**'s, die übrigens nie für sich erschienen ist, und sich aus einer späteren Zeit herzuschreiben scheint, einen Einfluſs auf seine Vorstellungen vom Licht, als er aus dem breiten Schatten, den ein dünner Körper in einem finstern Zimmer von einem schmalen Lichtbündel beleuchtet giebt, den Schluſs zog, daſs die Körper in beträchtliche Entfernungen auf das Licht einwirken, ein Schluſs, dessen Unrichtigkeit daraus hervorgeht, daſs die dünnste Messerschneide nicht anders auf das Licht einwirkt als der hundertmal dickere Rücken des Messers.

Das Merkwürdigste in diesem dritten Buch ist der Schluſs. Er besteht aus einer Reihe von 31 Fragen vermischten optischen Inhalts, hingeworfenen Gedanken und unvollendeten Versuchen. Sie bekunden hie und da ein solches Schwanken zwischen Emissions- und Undulationstheorie, daſs **Thomas Young** in seiner berühmten Abhandlung von 1801, worin er die Undulationstheorie vertheidigt, und das Interferenzprincip aufstellt, zum Theil aus diesen Fragen, zum Theil aus früheren Mittheilungen **Newton**'s an die königl. Gesellschaft die Argumente zu der Behauptung glaubte hernehmen zu können, daſs **Newton** dieser Theorie nicht so abgeneigt gewesen sei, als man gewöhnlich meint. Es scheint fast als habe es **Young** für nöthig erachtet, seine Theorie unter den Schutz der Autorität von **Newton** zu stellen, um ihr Eingang in England zu verschaffen, was ihm übrigens doch nicht gelang.

Wahr ist es, daſs **Newton** ums J. 1675 zur Undulationstheorie hinneigte, und die Fragen am Ende seiner Optik von 1704 beweisen, daſs er die Skrupel noch nach mehr als einem Viertel-Jahrhundert nicht überwunden hatte. Vielleicht hat **Newton** selbst seiner Emissionstheorie niemals die Unfehlbarkeit beigelegt, die sie später in den Augen seiner Anhänger erlangte.

In den erwähnten Fragen kommt **Newton** auch auf das Phänomen der Doppelbrechung. Ungeachtet er die Schrift von **Huyghens** kennt und anführt, giebt er für die Brechung des außerordentlichen Strahles nicht das von jenem aufgefundene Gesetz, sondern ein anderes, welches falsch ist. So verblendet machte den großen Mann die einmal angenommene Theorie; vielleicht auch eine gewisse Gereiztheit gegen **Huyghens**, dessen Traité er unmöglich mit Unbefangenheit studirt haben kann, so wenig wie das Werk von **Grimaldi**.

Endlich bespricht er hier auch noch das Phänomen der Polarisation. Er kann es begreiflich ebenso wenig erklären wie das der Doppelbrechung, wirft aber doch die Frage auf, ob sich dasselbe nicht erklären lasse, wenn man den Seiten der Lichtstrahlen verschiedene Eigenschaften beilege. So zeigt sich denn auch hier die Tendenz, die Mängel der Theorie durch Erfindung neuer Eigenschaften der Lichttheilchen zu verdecken, eine Tendenz, die wir selbst noch in unsern Tagen von dem schottischen Physiker **Brewster** verfolgt sahen, als die Widersprüche der Newton'schen Theorie mit der Erfahrung immer schreiender hervortraten.

Die Aeußerung **Newton's** ist indeß in geschichtlicher Hinsicht bemerkenswerth, denn als **Malus** im J. 1810 die Polarisation durch Reflexion entdeckte, ward er zu der Ansicht geführt, diese Erscheinung sei nach der Wellentheorie durchaus unmöglich, man könne sie nicht anders als nach der Emissionstheorie erklären, und zwar mit Hülfe der Hypothese, daß die Lichttheilchen winkelrecht auf der Richtung des Strahles entgegengesetzte Pole nach Art eines Magnetes haben, was ungefähr auf die Newton'sche Vorstellung hinausläuft. Das war es eben, was ihn veranlaßte die Erscheinung mit dem Namen Polarisation zu taufen, den sie seitdem beibehalten hat.

Somit hätte ich denn einen vollständigen Abriß der Newton'schen Optik mitgetheilt, und unpartheiisch den Inhalt und den Gehalt dieses weiland so berühmten

Werkes dargelegt. Es hält am Ende beim gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft nicht schwer die Mängel desselben nachzuweisen, aber es ist doch gut sie kennen zu lernen, und sich selbst die Ueberzeugung zu verschaffen, daſs das Gebäude, welches man nunmehr seit etwa 50 Jahren verlassen hat, in der That auf sehr morschem Grunde errichtet war. Man kann ein aufrichtiger Verehrer **Newton's** sein und doch darin **Fresnel** bestimmen, daſs die Optik das schwächste Produkt dieses groſsen Geistes ist.

Hiermit will ich die Auseinandersetzung der optischen Arbeiten schlieſsen, und zu seinen Leistungen in der übrigen Physik mich wenden.

283. Unter den anderen Arbeiten **Newton's** sind diejenigen über die Wärme zunächst zu nennen. Ich habe schon früher erwähnt (§ 221), daſs er sich eines Thermometers bediente, welches mit Leinöl gefüllt war und zwei feste Punkte hatte, die Temperatur des schmelzenden Schnees und die des menschlichen Körpers, zwischen welchen er die Skale in 12 gleiche Theile theilte; daſs er sich ferner der Siedehitze des Wassers noch nicht bediente, obwohl er sie mit seinem Thermometer bestimmte, und dabei das anfangende Sieden bei 33° seiner Skala, das starke und stärkste Sieden bei 34° und $34\frac{1}{2}$° fand, woraus hervorgeht, daſs er die Siedehitze nicht für ganz konstant hielt, was auch für die Temperatur des kochenden Wassers selbst nicht unrichtig ist, da nur der daraus aufsteigende Dampf bei gleichem Luftdruck einen unveränderlichen Wärmegrad hat.

Nächstdem gab er ein sinnreiches Verfahren an, mittelst eines solchen Thermometers auch hohe Temperaturen zu messen, welches er anonym in den Philos. Transact. von 1701 beschrieb (§ 223). Um die Temperatur einer rothglühenden Eisenstange zu messen, legt er eine solche auf eine zweckmäſsige Unterlage an einen Ort, wo beständig ein kalter Luftstrom darüber gehen muſste, und beobachtete die Zeit des Erkaltens, d. h. die Zeit innerhalb welcher ihre Temperatur so weit gesunken war,

dafs sie direkt mit dem Thermometer oder durch das Erstarren einer leicht flüssigen Legirung bestimmt werden konnte. Den Schmelzpunkt solcher Legirungen hatte er zuvor direkt gemessen. Für eine derselben, bestehend aus 2 Th. Blei, 3 Th. Zinn und 5 Th. Wismuth, die man wohl vorzugsweise Newton'sches Metallgemisch nennt, fand er den Schmelzpunkt am niedrigsten, nämlich gleich der Siedehitze des Wassers.

Um nun aus diesen Beobachtungen die ursprüngliche Temperatur der Stange zu finden, stellt er das Gesetz auf,

> dafs der Wärmeverlust, welchen ein Körper innerhalb einer kurzen Zeit erleidet, proportional sei seiner Wärme, d. h. dem jedesmaligen Wärme-Ueberschufs über die Umgebung.

Dieses Gesetz, im Grunde genommen die einfachste Voraussetzung, die man über den Gang der Erkaltung machen kann, ist später das Newton'sche Gesetz der Erkaltung genannt worden, und es hat sich auch als richtig bewährt, so lange der Temperatur-Ueberschufs nicht sehr grofs, nicht über 10—20° beträgt. Sein analytischer Ausdruck ist, wenn τ die Temperatur, t die Zeit bezeichnet:

$$d\tau = a\tau dt, \text{ woraus log. nat. } \tau = at.$$

Aus ihm folgerte **Newton**, was sich sogleich aus der Formel ergiebt, dafs die Logarithmen der Temperaturen den Zeiten proportional sind, oder wenn man sich eine logarithmische Linie gezogen denkt, die Zeiten durch deren Abscissen und die Temperaturen durch die entsprechenden Ordinaten vorgestellt werden.

Amontons modificirte das Verfahren ein wenig, indem er eine Eisenstange an einem Ende glühend machte und die Stellen bestimmte, wo sie eine durch das Thermometer mefsbare Temperatur besafs. Dabei machte er aber die falsche Voraussetzung, dafs die Temperatur von dem heifsen nach dem kalten Ende in einem arithmetischen Verhältnisse abnehme oder, geometrisch betrachtet, sich durch die Ordinaten einer graden Linie vorstellen lasse. Obwohl

selber im Irrthum glaubte doch **Amontons**, der mit seinen Beobachtungen 1703 hervortrat, an dem von **Newton** aufgestellten Gesetz allerlei Mängel rügen zu müssen, aber ganz mit Unrecht (§ 223).

Newton machte auch einige Spekulationen über das Wesen der Wärme. In den Fragen am Ende seiner Optik sagt er, wenn man zwei Thermometer mitten in zwei Glasgefäfsen aufhängt, von denen das eine luftleer, das andere luftvoll ist, und sie von einem kalten Ort an einen warmen bringt, oder umgekehrt, so sehe man sie beide gleichzeitig steigen oder fallen. Dabei fragt er nun, wird nicht die Wärme im luftvollen Raum durch Schwingungen eines Mittels hervorgebracht, welches viel feiner als die Luft ist, und ist dieses Mittel nicht selbst im luftleeren Raum vorhanden? Theilen nicht warme Körper ihre Wärme kalten jenen nahe genug kommenden Körpern deswegen mit, weil sich die Schwingungen dieses Mittels aus den warmen Körpern in die kalten fortpflanzen? Durchdringt es nicht sehr leicht alle Körper, und ist es nicht durch den ganzen unermefslichen Himmelsraum vermöge seiner elastischen Kraft verbreitet? [1])

Nach **Brewster** sind die Fragen 18 bis 24, zu denen die vorstehenden gehören, erst der zweiten englischen Ausgabe der Optik, also im J. 1714 hinzugefügt. Man sieht daraus, dafs, wiewohl **Newton** im J. 1702 in einem Briefe an **J. C. Gregory** den Aether für ein willkührliches Postulat erklärte, das aus der Natur der Dinge verbannt werden müfste, er doch immer wieder auf ihn zurückkam.

Auch andere damals noch sehr in der Kindheit liegende Zweige der Physik, wie die Lehre von der Elektricität und dem Magnetismus, erregten die Aufmerksamkeit von **Newton**. So machte er im J. 1675 der königl. Gesellschaft die Mittheilung, dafs eine Glasscheibe, die durch eine Unterlage etwa $\frac{1}{8}$ Zoll vom Tisch entfernt gehalten wird, zwischen sich und dem Tisch leichte Papier-

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. III, 215.

stücke in Bewegung setzt, bald anzieht bald abstöfst, wenn man ihre Oberfläche mit einem Tuche reibt. Fährt man mit dem Finger auf der Oberfläche des Glases hin und her, so folgen die Papierstückchen, so wie sie an der unteren Fläche des Glases hängen, bald hier- bald dorthin. Aus diesen Versuchen scheint hervorzugehen, dafs **Newton** der erste war, welcher die elektrische Ladung einer Glasplatte bemerkte [1]).

Der Magnetismus erregte seine Aufmerksamkeit besonders, da zu seiner Zeit die Frage zur Sprache kam, nach welchem Gesetze ein Magnet in die Ferne wirke? Mit dieser Frage beschäftigte sich zuerst ein geschickter Experimentator, der bei der königl. Gesellschaft das Amt eines Curator of experiments nach **Hooke**'s Tode verwaltete, nämlich **Hawksbee** im J. 1712, dann in Verbindung mit diesem der ausgezeichnete Mathematiker **Brook Taylor** im J. 1715, und zuletzt der unglückliche **Whiston**. Die Versuche waren aber sämmtlich noch etwas roh, und somit kann man es **Newton** nicht zur Last legen, wenn er daraus den Schlufs zog, dafs Magnete umgekehrt wie die Kuben der Entfernung auf einander einwirken, was zwar unter Umständen richtig sein kann, aber doch die Sache nicht trifft. Uebrigens erzählt man von **Newton**, dafs er einen Magnet besafs, der intensiv genommen der stärkste war, den man bisher kennt, nämlich beinahe das 250fache seines Gewichtes trug. Er war in einen Ring gefafst, wog nur 3 Gran und trug 746 Gran.

Selbst chemische, meteorologische und geologische Gegenstände, wie das Feuer, das Nordlicht u. a. m. beschäftigten mitunter **Newton**'s Nachdenken, doch sind die Betrachtungen nicht von dem Belang, dafs sie heutigen Tages eine Auseinandersetzung verdienten, weshalb ich sie übergehen will.

284. Ich komme nunmehr zu **Newton**'s Leistungen in der Mechanik und Mathematik. Sie sind es, welche seinen

---

[1]) Fischer, ibid. III, 439.

Ruhm auf die solideste Weise begründet haben, nicht allein ihrer Wichtigkeit wegen für die Wissenschaft, sondern mehr noch, weil sich in ihnen die ganze Kraft und Tiefe seines mächtigen Geistes entfaltet hat. Um **Newton** in seiner wahren Gröſse darzustellen, müſste man diesen Theil seiner Entdeckungen auf das Speciellste auseinander setzen, müſste zeigen, wie schwierig die von ihm behandelten Probleme waren, und welchen schöpferischen Scharfsinn er bei deren Lösung an den Tag legte, da der mangelhafte Zustand der Mathematik seiner Zeit überall nöthigte, neue Wege zu brechen. Dann auch erst läſst sich vollkommen begreifen, woher der Name **Newton**'s ein so gefeierter geworden ist, und wie nicht anders als gerecht die Hochachtung ist, welche sich bis auf den heutigen Tag bei allen civilisirten Völkern der Welt in ungeschwächter Kraft gegen den groſsen Mann erhalten hat, trotzdem ihm einzelne Fehler und Irrthümer nachgewiesen sind.

Allein eine so ausführliche und gründliche Entwicklung dieses Theils seiner Entdeckungen eignet sich wegen seiner sublimen Natur nicht füglich zu einem geschichtlichen Vortrage, und würde jedenfalls mehr Zeit erfordern, als mir zu Gebote steht. Ich werde mich also darauf beschränken müssen, nur die äuſserliche Seite dieser Entdeckungen zu berühren.

Es scheint ums J. 1666 gewesen zu sein, daſs **Newton** zuerst seine Blicke auf die Bewegung der Himmelskörper lenkte. Bekannt ist die Erzählung, die in dieser Hinsicht aufbewahrt wird. Als er der Pest wegen im J. 1666 von Cambridge nach Woolsthorpe geflohen war, und dort im elterlichen Garten einsam unter einem Apfelbaum saſs, soll ihm ein fallender Apfel zuerst die Idee der allgemeinen Gravitation eingegeben haben! Die Sage ist hauptsächlich durch **Voltaire** in Umlauf gebracht, der sie von Mad. Conduit, der Nichte **Newton**'s, erhalten haben will.

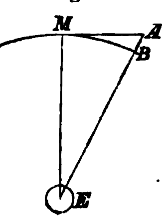
Auch ein Herr **Turner**, ein Geistlicher (gest. 1853) und späterer Besitzer des Newton'schen Grundstücks in Woolsthorpe, hat zu deren Verewigung beigetragen. Dieser

Mann, der gegen jede Reliquie von **Newton** eine fast religiöse Verehrung hegte, und so u. A. in dem Zimmer, in welchem **Newton** seine Jugendstudien trieb, eine marmorne Gedächtnifstafel errichten liefs, war überzeugt jenen verhängnifsvollen Baum zu kennen. Er suchte ihn sorgfältig zu schützen, und da er dennoch vor einigen Jahrzehnten durch Sturmwetter umgeworfen wurde, liefs er einen Stuhl daraus verfertigen!

Andere bezweifeln die Sage und selbst **Brewster**, der neueste Biograph **Newton's**, will sie nicht verbürgen, weil er keine authentische Nachricht darüber auffinden konnte. Wahrscheinlich mischt sich Dichtung mit Wahrheit in der Erzählung. Es ist nicht recht glaublich, dafs der fallende Apfel den ersten Anstofs zur Gravitationstheorie gegeben habe, aber wohl könnte es sein, dafs er **Newton** anregte bereits gefafsten Ideen weiter nachzugehen. Soviel scheint gewifs, dafs **Newton** schon 1666 auf den Gedanken gekommen ist, die Schwerkraft möge nicht auf die Oberfläche und die höchsten Berge der Erde beschränkt sein, sondern sich mit abnehmender Kraft selbst bis zum Monde erstrecken. Seinem Biographen **Pemberton** zufolge supponirte er schon damals, dafs die Schwerkraft wie das Quadrat der Entfernung von der Erde abnehme, und dafs er einen Versuch machte dadurch die Bewegung des Mondes zu erklären.

Seine Betrachtungen waren einfach und sinnreich, und erinnern ganz an die, welche **Galilei** bei dem Pendel anstellte. Er dachte sich zunächst die Mondbahn als kreisrund. Wenn dieser Kreis in Folge der von der Erde E (Fig. 36) ausgehenden Schwerkraft beschrieben wird, so mufs die Wirkung dieser Kraft darin bestehen, dafs sie den Mond M fortwährend in dem Kreis erhält. Hörte diese Kraft zu wirken auf, so würde der Mond vermöge der Centrifugalkraft in der Tangente MA fortfliegen, z. B. in 1 Minute bis A. Wirkt nun wieder die Kraft, so zieht

Fig. 36.



sie den Mond in den Kreis zurück, und die Strecke AB ist der Effekt der Schwerkraft, ist die Strecke, welche ein Körper in dem Abstand des Mondes von der Erde innerhalb einer Minute fallen würde, und welche der Mond wirklich in jeder Minute gegen die Erde fällt.

Nun setzte er $EM = R = 60r$, wo r den Halbmesser der Erde bezeichnet, ferner die Bewegung des Mondes in seiner Kreisfläche während 1 Minute $\delta = 32'' 36'''$, und fand daraus $AB = 13\frac{1}{3}$ Fuſs. Nach damaligen Messungen betrug der Fallraum in der ersten Sekunde auf der Erdoberfläche $15\frac{1}{8}$ Fuſs, also $60^2 . 15\frac{1}{8}$ Fuſs in der Minute, und nach **Newton**'s supponirtem Gesetze muſste demnach $AB = \frac{r^2}{R^2} . 60^2 . 15\frac{1}{8}$ Fuſs $= 15\frac{1}{8}$ Fuſs in der Minute betragen.

Da dies Resultat mit dem aus der Mondbewegung berechneten $= 13\frac{1}{3}$ Fuſs nicht recht stimmte, so lieſs **Newton** die Untersuchung fallen, und nach der Rückkehr nach Cambridge, die Ende 1666 erfolgte, nahm er seine optischen Untersuchungen auf, wodurch er nun vollends auf längere Zeit von der Bewegung der Himmelskörper abgelenkt ward. Erst im J. 1679 sehen wir **Newton** wieder öffentlich zu dem Gebiete der Himmelsmechanik zurückkehren, obwohl es gewiſs ist, daſs er im Stillen seine ersten rohen Gedanken über die Schwere fortwährend kultivirte.

285. In diesem Jahre am 28. Nov. 1679 schlug **Newton** in einem an Dr. **Hooke** als Sekretär gerichteten Brief der königl. Gesellschaft zu London ein Experiment vor, wodurch die von Einigen noch immer bezweifelte Axendrehung der Erde direkt bewiesen werden könne.

Tycho Brahe und andere Astronomen des XVII. Jahrhunderts waren der Meinung, ein fallender Körper müsse, wenn die Erde sich dreht nach Westen von der Vertikalen abweichen (§ 67), weil während des Fallens der Boden nach Osten fortrückt, und da keine solche Abweichung beobachtet war, so schlossen sie eben, die Erde dreht sich nicht um ihre Axe. Grade entgegengesetzt war der Schluſs von **Newton**. Er behauptete ein fallender Körper

mufs nach Osten von der Lothrechten abweichen, und zwar deshalb, weil der Punkt, von dem er herabfällt, einen gröfseren Kreis im Sinne der Bewegung der Erde beschreibt als der Boden, und weil er demgemäfs auch eine gröfsere Geschwindigkeit besitzt als dieser, auch dem fallenden Steine diese gröfsere Geschwindigkeit mitgetheilt wird. Die Abweichung des fallenden Körpers von der Vertikalen nach Osten ist also ein direkter Beweis von der Rotation der Erde.

Der Vorschlag fand bei der königl. Gesellschaft grofsen Beifall, und sie trug ihrem Experimentator **Hooke** auf, die Versuche sobald als möglich anzustellen. Allein dieser zögerte, und statt in der nächsten Sitzung die Resultate von Versuchen mitzutheilen, las er erst sein Antwortschreiben an **Newton** vor, worin er behauptete, die fallende Kugel müsse nicht genau nach Osten, sondern nach Südost abweichen, sie würde im luftvollen Raum eine excentrische elliptische Spirale, im luftleeren Raum eine excentrische Ellipse beschreiben, und keine Spirale wie **Newton** zu glauben scheine. Die Gesellschaft drang nun wiederholt auf Ausführung der Versuche, und wirklich gab **Hooke** am 10. Dec. 1679 Bericht von einigen, die er angestellt. Sie waren aber sehr ungenügend, da die Fallhöhe nicht mehr als 27 Fufs betrug, und gaben daher kein Resultat. Man mufs das wohl gefühlt haben, denn weder in den Protokollen der Gesellschaft, noch in den Philos. Transactions, die noch dazu aus einem nicht bekannten Grunde von 1679 bis 1683 suspendirt wurden, findet sich eine weitere Nachricht über dieselben.

Erst in neuerer Zeit ist **Newton**'s sinnreicher Vorschlag gerechtfertigt worden und zwar mehrfach:

1) halbwegs im J. 1791 von **Guglielmini** auf dem Thurm degli Asinelli zu Bologna. Die Fallhöhe betrug 90 Fufs;

2) vollständig 1802 durch **Benzenberg** auf dem Michaelisthurm zu Hamburg. Fallhöhe 235 Fufs;

3) von demselben 1804 im Steinkohlenschacht zu Schleebusch in der Grafschaft Mark. Fallhöhe 262 Fuſs;

4) sehr genau von **Reich** im J. 1832 im Drei-Brüder-Schacht bei Freiberg. Fallhöhe 488 Fuſs.

Bei allen diesen Versuchen wichen die fallenden Kugeln nach Osten ab, und bei denen von **Benzenberg**, namentlich aber denen von **Reich** genau soviel, als es die Theorie verlangt. Die Rotation der Erde ist dadurch experimentell über allen Zweifel erhoben. Bemerkenswerth ist, daſs bei diesen Versuchen auch eine kleine Abweichung nach Süden gefunden wurde, wie sie **Hooke** theoretisch und experimentell nachgewiesen zu haben glaubte, welche aber nach der Theorie von **Newton** und späteren Mathematikern, u. A. von **Gauſs**, nicht gerechtfertigt wird.

286. Ich erwähnte vorhin (§ 285), daſs **Hooke** in seinem Antwortschreiben an **Newton** behauptet habe, der fallende Körper müsse durch die vereinte Wirkung der Schwere und der Centrifugalkraft im Vakuum eine Ellipse beschreiben. Durch diese Aeuſserung ward **Newton**, wie er selbst später 1686 in einem Briefe an **Halley** bemerkt, auf den wichtigen Satz geleitet:

Daſs ein Planet, auf den eine zu dem Quadrat der Entfernung im umgekehrten Verhältniſs stehende Kraft wirkt, eine Ellipse beschreibe, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.

Newton war nun für sich überzeugt, daſs er die wahre Ursache der Bewegung der Himmelskörper, oder vielmehr ihrer Unterhaltung entdeckt habe; aber da er seine Theorie noch nicht mit der Erfahrung hatte vergleichen können, so wagte er auch nicht mit ihr öffentlich hervorzutreten. Als er indeſs im Juni 1682 einer Sitzung der königl. Gesellschaft beiwohnte, wollte es ein glücklicher Zufall, daſs grade die im J. 1679 von **Picard** ausgeführte Gradmessung (§ 260) Gegenstand der Unterhaltung war. **Newton** hatte noch keine Kenntniſs von den Resultaten dieser Messungen, er nahm sich daher eine Abschrift von denselben, reiste

nach Cambridge zurück, und begann seine im J. 1666 abgebrochene Rechnung vorzunehmen. Schon im Laufe der Rechnung sah er, dafs sich seine Theorie bestätigen würde, und aus Freude darüber gerieth er in einen solchen Zustand von Nerven-Reizbarkeit, dafs er mehrere Tage lang seine Rechnung nicht vollenden konnte. Er vertraute seine grofse Entdeckung zunächst nur einigen Freunden, arbeitete sie dann weiter aus, und sandte dann am Ende des J. 1683 die Hauptresultate derselben, jedoch ohne Beweise, an die königl. Gesellschaft.

Mittlerweile waren zwei andere Mitglieder dieser Gesellschaft auch nahe daran, den Mechanismus des Sonnensystems zu enträthseln. Einerseits hatte **Wren**, der berühmte Erbauer der Paulskirche und derselbe, der in der Geschichte des Stofses eine so ehrenvolle Rolle einnimmt (§ 262), sich bereits seit einigen Jahren bemüht, die Bewegungen der Planeten aus der Zusammensetzung zweier Kräfte, eines Fallens gegen die Sonne und eines seitlichen Stofses, herzuleiten, hatte aber mit der Durchführung dieser Idee nicht zu Stande kommen können. Andererseits hatte **Halley** aus dem dritten Keppler'schen Gesetz, dafs sich die Quadrate der Umlaufszeiten wie die Kuben der grofsen Axen verhalten, die Folgerung gezogen, dafs die Centrifugalkräfte sich umgekehrt wie die Quadrate der Entfernung verhalten.

Als beide eines Tages mit **Hooke** über diese Angelegenheit sprachen, behauptete letzterer, er habe bereits alle Bewegungen der Himmelskörper nach dem ebengenannten Gesetze bewiesen. **Wren** und **Halley** erklärten, dafs ihnen dies nicht möglich gewesen wäre, und forderten **Hooke** auf ihnen den Beweis mitzutheilen. Allein dazu wollte sich **Hooke** nicht verstehen, obgleich **Wren** sowie **Halley** ihm ein Buch von 40 Sh. an Werth zum Geschenk versprachen. Hierauf reiste **Halley** im August 1684 zu **Newton**, um sich von diesem die Beweise zu den früher übersandten Sätzen zeigen zu lassen, und ihn zugleich zu ersuchen, seine Arbeiten der königl. Gesellschaft mitzutheilen.

Ersteres geschah sogleich und letzteres im April 1686, wo er eine Handschrift unter dem Titel: *Philosophiae naturalis principia mathematica* an den damaligen Vice-Präsidenten **Hoskins** absandte. Am 28. April 1686 wurde diese Handschrift der königl. Gesellschaft vorgelegt. Dr. **Vincent**, der sie vorlegte, hielt der Schrift eine grofse Lobrede, und schlofs mit der Bemerkung, **Newton** habe die Sache soweit gebracht, dafs nichts mehr zu thun übrig bleibe!

Darüber gerieth nun **Hooke**, der anwesend war, ganz aufser sich. Mit grofser Heftigkeit behauptete er, er sei es, der **Newton** die ersten Winke zu der Entdeckung gegeben habe; zugleich berief er sich auf Mittheilungen, die er früher dem Vice-Präsidenten **Hoskins** gemacht haben wollte, von denen dieser aber erklärte, sich deren nicht zu erinnern. Diese Aeufserungen **Hooke**'s wurden **Newton** hinterbracht und vielleicht übertrieben. Die Folge davon war, dafs **Newton** unter dem 20. Juni 1686 einen sehr heftig geschriebenen Brief an **Halley** ergehen liefs, worin er u. A. sagte: Er habe bereits am 14. Januar 1672 (1673) **Huyghens** mit seinen Entdeckungen brieflich bekannt gemacht, und den Brief an den damaligen Sekretär der königl. Gesellschaft, Dr. **Oldenburg**, zur Beförderung übersandt. **Oldenburg** habe in solchen Fällen die Originale behalten, und nur Kopien davon abgeschickt. Nun aber sei **Oldenburg**'s literarischer Nachlafs in **Hooke**'s Hände gefallen, und da sei es wohl möglich, dafs derselbe seinen Brief gelesen und sich daraus seine Entdeckungen angeeignet habe.

Diese auf **Hooke**'s Charakter allerdings ein sehr böses Licht werfende Aeufserung mufs **Newton** doch bei erlangter Ruhe nicht gegründet oder erweisbar erschienen sein, denn auf einen besänftigenden Brief von **Halley** drückte er in einer Antwort am 14. Juli 1686 nicht nur sein Bedauern über seine Heftigkeit aus, sondern zählte auch die neuen Ideen auf, die er aus dem Briefwechsel mit **Hooke** kennen gelernt habe. Endlich fügt er noch hinzu, die beste Art den Streit zu schlichten sei, in der königl. Gesellschaft zu erklären, dafs **Wren**, **Hooke** und **Halley** das Gesetz der

Schwere unabhängig von einander aus dem Keppler'schen Gesetze hergeleitet hätten.

Unter solchen Mifshelligkeiten trat das Werk ans Licht, welches dazu bestimmt sein sollte, den Menschen die Harmonie des Himmels zu verkünden! Die königl. Gesellschaft erliefs übrigens für die Handschrift ein Danksagungsschreiben an **Newton**, und beschlofs dieselbe auf ihre Kosten drucken zu lassen. Der Beschlufs wurde auch alsbald ausgeführt, und im Mai 1687 war der Druck vollendet.

Zur Geschichte dieses Werks gehört noch der Umstand, dafs **Newton** anfangs nur die beiden ersten Bücher desselben gedruckt wissen wollte, und für diese ihren ursprünglichen Partialtitel: *De motu corporum libri duo* beibehalten wünschte, und nicht den Gesammttitel: *Philosophiae naturalis principia mathematica.* Ganz naiv setzte **Newton** hinzu, *die Philosophie sei eine so unbescheidene und streitsüchtige Dame,* dafs mit ihr sich einlassen ebenso viel heifse als sich in Processe verwickeln. Indefs sagt er weiter, der Titel *Philosophia naturalis* würde wohl den Absatz des Werkes vermehren, und da dasselbe nun Eigenthum der königl. Gesellschaft sei, so dürfe er jenen wohl nicht schmälern. Somit willigte er denn in den letzten Titel ein, und gab auf Bitten von **Halley** auch darin nach, dafs das dritte Buch beigefügt wurde.

Es erhellt hieraus zur Genüge, was **Newton** von der Philosophie hielt, und wie er im Grunde ganz unschuldig daran ist, dafs seit seiner Zeit Naturphilosophie und Physik in England identificirt und miteinander konfundirt werden.

Die Principia mathematica, die wie erwähnt 1687 zuerst erschienen, erlebten noch zu **Newton**'s Zeiten zwei Ausgaben, eine 1713 in Cambridge durch den verdienstvollen Mathematiker **Roger Cotes** (1682—1716), der darüber mit **Newton** einen sehr ausgedehnten Briefwechsel führte, und die andere zu London 1726 mit Hülfe des Dr. **Pemberton.** Auch später sind noch Ausgaben erschienen: Amsterdam 1733, London 1746. Der gröfsesten Verbreitung erfreuten sich, namentlich auf dem Kontinent, die

Ausgaben, welche die beiden Minoriten **Le Sueur** und **Jacquier** zu Genf veranstalteten, erstlich 1739 und dann 1750, hauptsächlich in Folge des Kommentars, worin die Herausgeber die schwierigen Stellen des Werks erläuterten. Eine andere kommentirte Ausgabe ist noch 1780 zu Prag von **Tessaneck** herausgegeben.

Auch kürzere Darstellungen erschienen von dem Werke; die berühmteste darunter ist die von dem schottischen Mathematiker **Mac-Laurin**: *An account of Sir Isaac Newton philosophical discoveries, London 1748*, ein Quartant, der auch ins Französische übersetzt worden ist. — Ferner **Pemberton**: *A view of Sir Isaac Newton's Philosophy, London 1728.* — **Voltaire**: *Elémens de la philosophie de Newton mis à la portée de tout le monde, Amsterdam 1738, Lausanne 1773.* — **Paolo Frisi Barnabitae**: *De gravitate universali corporum libri tres, Mediolani 1768.* Letzteres ebenso gründlich, wie das vorletzte oberflächlich.

287. Die Philosophia naturalis von **Newton** ist im Grunde nichts anderes als ein Lehrbuch der Mechanik, aber in einer Vollkommenheit, wie es die Welt bis dahin noch nicht gesehen hatte. Es fängt ab ovo an, definirt zuvörderst was Quantität der Materie, Qualität der Bewegung, Trägheit u. s. w. sei, entwickelt darauf die allgemeinen Gesetze der Bewegung, die Sätze von der Zerlegung und Zusammensetzung der Kräfte, und geht von leichteren Aufgaben zu immer schwierigeren über, bis es denn auch diejenigen behandelt, welche bei der Bewegung der Himmelskörper vorkommen.

Hier erweist **Newton** namentlich streng den Satz, daſs, wenn ein Körper sich in einer Ellipse, Parabel oder Hyperbel bewegen, und darin durch eine Kraft unterhalten werden soll, die in einem der Brennpunkte dieser Kegelschnitte ihren Sitz hat, diese anziehende Kraft umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung wirken muſs.

Er beweist auch den umgekehrten Satz, daſs wenn in einem Punkt eine nach dem umgekehrten Verhältniſs der quadrirten Entfernungen wirkende Kraft vorhanden ist,

jeder Körper, was für eine Bewegung er auch haben mag, wenn sie nur nicht grade auf diesen Punkt hin oder von ihm ab gerichtet ist, nothwendig einen der drei Kegelschnitte beschreiben mufs. Er zeigt dann ferner, dafs sowohl das zweite wie das dritte Keppler'sche Gesetz nothwendige Folgen des allgemeinen Gesetzes sind, welches lautet:

Die Körper ziehen sich an direkt wie ihre Massen und umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen.

Die konsequente und meistens strenge Entwicklung fast all der Folgerungen, welche sich aus diesem einen Gesetze ergeben, dies ist es, welche **Newton** das unbestrittene Anrecht auf die Urheberschaft der Gravitationstheorie verleihen. Mancher helle Kopf hatte freilich schon vor **Newton** den Gedanken ausgesprochen, dafs zwischen den Himmelskörpern eine Anziehung stattfinden müsse. Spuren davon tauchen schon bei den Alten auf, bei **Pythagoras**, **Aristarch** von Samos und **Anaxagoras**; sie finden sich unter den Neueren in den Schriften von **Kopernikus**, **Keppler**, **Fermat** und **Borelli**, und wie **Newton** selbst zuletzt einräumt, hatten **Wren**, **Halley** und **Hooke** sogar das Gravitationsgesetz errathen, obwohl **Hooke** in seinem *An attempt to prove the motion of the earth, Lond. 1674* nur sagt, dafs die Anziehung desto stärker werde, je näher der anziehende Körper sei. Aber alle diese Männer, und namentlich die drei zuletzt genannten, waren nicht im Stande das Gesetz zu beweisen, es war bei ihnen blofs ein glücklicher Gedanke, der ebenso gut, als er richtig war, sich späterhin auch als unrichtig hätte erweisen können. Die Durchführung des Gedankens war hier die Hauptsache, und diese war nur möglich durch ein so überlegenes mathematisches Genie wie **Newton**.

Es ist, wie schon früher gesagt, nicht möglich, hier alle die Probleme zu berühren, welche **Newton** in seinem Werke behandelt, und mehr oder weniger vollständig gelöst

hat; ich will davon nur einige erwähnen, zunächst das von der Gestalt der Erde.

Cassini hatte schon vor dem J. 1666 die Entdeckung gemacht, daſs beim Jupiter die Rotationsaxe merklich kleiner ist als der Durchmesser des Aequators, und **Flamstead**, der Astronom zu Greenwich, fand es bestätigt. Diese Thatsache scheint **Newton** zuerst auf das Problem der allgemeinen Gestalt der Erde hingelenkt zu haben. Er hat es zwar nicht vollständig gelöst, aber doch jedenfalls viel genügender als sein Nebenbuhler **Huyghens**; er behandelte es auch von vorn herein weit naturgemäſser als dieser, indem er die Schwere oder Anziehungskraft nicht bloſs als im Mittelpunkt vorhanden annahm, sondern alle Theile der Erde als schwer und einander nach dem Gravitationsgesetz anziehend betrachtete. Indem er dann, was er noch nicht zu beweisen vermochte, durch eine angeborene Divinationsgabe errieth, daſs eine diesem Gesetz unterworfene flüssige Masse von gleichförmiger Dichte, wenn sie rotirt, die Gestalt eines abgeplatteten Sphäroids annehmen müsse, kam er auf einem freilich indirekten Wege zu dem Resultat, daſs die Axen des Sphäroids sich wie 229 : 230 verhalten.

Als **Newton** mit diesem Resultat 1687 hervortrat, hatte **Richer** seine Beobachtungen über die Verlangsamung der Pendelschwingungen unter den Tropen längst gemacht, und **Huyghens** sich über die Ursache dieser Erscheinung in der pariser Akademie bereits ausgesprochen, obwohl er seine Ansicht erst 1690. drucken lieſs. Natürlich konnte **Newton** das Problem der Erdgestalt nicht behandeln, ohne die Centrifugalkraft in Betracht zu ziehen. Ob er dabei auf **Huyghens** fuſste, der schon in seinem Horologium oscill. 1673 (§ 259) davon spricht, oder von selbst auf die hierher gehörigen Sätze verfiel, muſs dahin gestellt bleiben, aber soviel ist gewiſs, daſs er in seinen Principien die Centrifugalkraft aus einem weit allgemeineren Gesichtspunkt auffaſste als **Huyghens**; ohne sie würde er ja auch gar nicht

im Stande gewesen sein, die elliptische Bewegung der Himmelskörper gründlich zu zergliedern.

Die Untersuchung über die Gestalt der Erde hatte zwei Entdeckungen im Gefolge, die zu **Newton**'s schönsten Triumphen gehören. Als der grofse Astronom des Alterthums **Hipparch** im J. 128 v. Chr. die Länge der Fixsterne in Bezug auf den Aequinoktialpunkt verglich, fand er sie 2 Grad gröfser, als von **Timocharis** und **Aristyll** im J. 294 v. Chr. bestimmt worden war, und ein noch bedeutenderer Unterschied zeigte sich, wenn er mit seinen Beobachtungen die noch älteren des **Eudoxus** verglich. Es ergab sich, dafs, wenn die Fixsterne so fortführen in Bezug auf die Aequinoktialpunkte vorzurücken, sie in etwa 25700 Jahren einen vollständigen Umlauf um die Pole der Ekliptik machen würden, und dieser Cyklus erhielt den Namen des grofsen platonischen Weltjahres.

Die neueren Beobachtungen bestätigten diese Bewegung der Fixsterne. Die Lage der alten Aequinoktialpunkte, welche durch die Sternbilder des Widders und der Wage festgesetzt worden, wich immer mehr ab von der, welche wirklich beobachtet wurde, so dafs man sich genöthigt sah, die wirklichen Sternbilder des Thierkreises oder die Asterismen von den Zeichen oder Dodekatemorien zu unterscheiden.

Die alten Astronomen sahen in dieser Erscheinung eine wirkliche Bewegung der Fixsterne, ein Vorrücken derselben im Sinne der Ekliptik. **Kopernikus** berichtigte diese Vorstellung; er zeigte, dafs die Bewegung nur scheinbar sei, und aus einer langsamen Drehung der Ebene des Aequators der Erde entspringe, rückwärts in Bezug auf deren Bewegung in der Ekliptik. Seitdem nannte man die Erscheinung das Zurückweichen der Nachtgleichen, ohne übrigens einen Grund von deren Ursache angeben zu können.

Da nun trat **Newton** auf und zeigte, dafs die Erscheinung eine nothwendige Folge der sphäroidischen Gestalt der Erde sei, des Ringes, der gleichsam über dem Aequator

der Erde angehäuft ist, auf den Sonne und Mond eine solche Anziehung ausüben müssen, dafs er sich langsam rückwärts dreht.

Die zweite hierher gehörige Entdeckung **Newton**'s betrifft den Lauf des Mondes, das Zurückweichen der Knoten seiner Bahn, und dann diejenige periodische Beschleunigung oder Verzögerung in jedem Viertel seiner Umlaufsbewegung, welche man Variation nennt. Sie wurde von **Tycho Brahe** entdeckt, und wie man neuerdings gefunden, zwischen den Jahren 970 bis 980 von dem arabischen Astronomen **Abulwefa** zu Bagdad erkannt. **Newton** zeigte, dafs die erste Erscheinung aus der Anziehung der sphäroidalen Erde auf den Mond entspringe, und dafs die zweite eine Wirkung der Sonne auf diesen Trabanten sei. Somit legte er den ersten Grund zur Theorie der Bewegung des Mondes, die eine der schwierigsten Aufgaben der Astronomie ist, und zugleich eine der nützlichsten, da sie eins der besten Mittel zur Lösung des Problems der Meereslänge an die Hand giebt.

Die Zahl der astronomischen Gegenstände, die **Newton** behandelt und wenigstens so weit erledigt, dafs dadurch den späteren Forschungen die Bahn gebrochen wird, ist sehr bedeutend, und ich müfste sehr lange bei ihnen verweilen, wenn ich sie gründlich auseinander setzen wollte; ich will daher nur einige derselben namhaft machen:

1) Methode, aus drei Beobachtungen die Bahn eines Kometen zu berechnen.

2) Untersuchung über die Bewegung dreier Körper, die sich nach dem Gravitationsgesetz anziehen, eine Untersuchung, deren Aufgabe späterhin unter dem Namen des Problems der drei Körper eine so grofse Berühmtheit erlangt hat.

3) Anziehende Kraft der Berge gegen das Pendel.

4) Untersuchung über Ebbe und Fluth, ein Phänomen, von welchem **Keppler** und Andere zwar ahnten, dafs es aus der Anziehung des Mondes entstehe, dessen Ur-

sprung aber keiner mit Sicherheit hatte nachweisen können. **Newton** löste es wenigstens in so weit, daſs er, was allen seinen Vorgängern ein Räthsel blieb, das Steigen des Meeres an der vom Monde abgewandten Seite der Erde auf eine sehr befriedigende Weise aus der Anziehung des Mondes auf den festen und flüssigen Theil des Erdkörpers erklärte.

288. Von den der speciellen Physik angehörigen Gegenständen findet sich in den Principien zuvörderst auseinandergesetzt:

1) Die Theorie der Lichtbrechung als Folge einer Anziehung des lichtbrechenden Körpers auf die Lichttheilchen. Die Theorie erschien hier früher als in der Optik.

2) Die Aufstellung eines leidlich befriedigenden Gesetzes für den Widerstand, den bewegte Körper in luftförmigen Flüssigkeiten finden. Schon **Galilei** hatte eingesehen, daſs seine Fallgesetze nur im luftleeren Raum streng richtig seien, und er hatte ein Mittel angegeben, den Widerstand der Luft faktisch nachzuweisen, welches auch nachher von den Mitgliedern der Accademia del Cimento mit Erfolg zur Ausführung gebracht wurde. Späterhin zwischen 1640 bis 50 stellte **Riccioli** eine Reihe von Versuchen an über das Fallen von Kugeln von verschiedenem specifischen Gewicht in Mitteln wie Luft und Wasser, wobei er fand, daſs die specifisch leichteren einen gröſseren Widerstand erfuhren als die schwereren. Ein Gesetz für den Widerstand aufzusuchen, fiel ihm noch nicht ein; der erste, der dies unternahm, war **Deschales**, der in seinem *Cursus mathematicus*, *Lugd. 1674* nach einigen Versuchen den Satz aufstellen zu können glaubte: daſs der Widerstand dem vom fallenden Körper zurückgelegten Weg proportional sei.

Ums J. 1670 machte **Mariotte** in der pariser Sternwarte eine groſse Zahl von Versuchen, um den Widerstand der Luft zu ermitteln. Er lieſs Kugeln von verschiedenem Material aus einer Höhe von 166½ Fuſs herabfallen, und maſs die Zeiten mit einem Sekundenpendel. Dabei kam er zu dem Resultat, daſs die für den Widerstand abzuziehende Höhe proportional sei dem Fallraum und der mittleren

Geschwindigkeit. Die Versuche stimmten so wunderbar genau mit dieser Theorie, daſs schon ein Kollege von ihm, **De la Hire**, meinte, er habe sie wohl ein wenig nach seiner Regel akkomodirt. **De la Hire** hielt es sogar für nöthig, die Versuche von **Mariotte** zu wiederholen, gelangte aber doch zu keinem anderen Resultat als dieser.

So stand diese Angelegenheit, als **Newton** in seinen Principien ein neues Gesetz aufstellte, welches also lautet: Der Widerstand ist gleich dem Gewicht einer Säule des Fluidums, welche die Vorderfläche des bewegten Körpers zur Basis und die seiner Geschwindigkeit zukommende Fallhöhe zur Höhe hat. Bei einem und demselben Körper und einem und demselben Fluidum ist also der Widerstand dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional.

Um dieses aus theoretischen Principien abgeleitete Gesetz zu prüfen, lieſs **Newton** im J. 1710 am 9. Juni durch **Hawksbee** in der Paulskirche zu London eine Reihe von Versuchen anstellen, wobei gläserne, theils leere theils mit Quecksilber gefüllte Kugeln eine Höhe von 220 engl. Fuſs durchfielen. Die Versuche stimmten auf eine befriedigende Weise mit der Theorie, und dasselbe war der Fall bei einer anderen Reihe, welche neun Jahre später der englische Physiker **Desaguliers** an demselben Orte, nur aus einer noch gröſseren Höhe, 272 Fuſs engl., anstellte.

Nach diesen Erfahrungen betrachtete man das Newton'sche Gesetz des Widerstandes als richtig, wenigstens für mittlere Geschwindigkeiten. Indeſs hatte **Newton** selbst erkannt, daſs seine Theorie den Erfahrungen nicht vollkommen genüge; durch Versuche mit Pendeln hatte er gefunden, daſs sein Gesetz bei langsamen Bewegungen den Widerstand zu klein giebt. Er folgerte daraus, daſs der Widerstand von zwei Gröſsen abhängig sei, von denen die eine dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional gehe; für die andere konnte er das Gesetz nicht auffinden, und so sah er sich denn genöthigt diese Lehre zu verlassen ohne sie vollendet zu haben.

So blieb die Sache bis zum J. 1740, wo der Engländer Robins eine ansehnliche Reihe von Versuchen über die Geschwindigkeit abgeschossener Kugeln anstellte, und dabei zu dem Resultate kam, dafs der Widerstand bei so schnellen Bewegungen fast dreimal so grofs sei, als ihn die Newton'sche Theorie angiebt. Bei diesen Versuchen war es, beiläufig bemerkt, dafs das ballistische Pendel zuerst gebraucht wurde. Seitdem ist nun freilich das Mangelhafte der Newton'schen Theorie anerkannt, allein trotz zahlreicher Versuche und ebenso zahlreicher mathematischer Untersuchungen ist das Problem vom Widerstand ein noch ungelöstes.

289. Ein anderes Gebiet der Physik, worin **Newton** einen grofsen Beweis seines durchdringenden Verstandes abgelegt hat, ist die Akustik und zwar dadurch, dafs er zuerst aus theoretischen Principien einen Ausdruck für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in der Luft aufstellte. Die Formel, welche er gegeben hat, ist sehr einfach:

$$v = \sqrt{\frac{e}{d}},$$

worin e die Expansivkraft und d die Dichte der Luft ausdrückt, aber sie beruht auf einer Reihe von Schlüssen, deren Verständnifs einen bedeutenden Grad von mathematischer Auffassungsgabe verlangt.

Newton's Theorie der Fortpflanzung des Schalles ist später von Einigen für unverstehbar, von Andern für widersprechend erklärt, allein sie hat nur den Mangel, dafs sie zu partikulär ist, im Uebrigen ist sie in Bezug auf die physischen Voraussetzungen, von denen sie ausgeht, vollkommen richtig und enthält den Keim der wahren Theorie, wie das von einem Geistesgenossen **Newton**'s, dem grofsen Mathematiker **La Grange**, in den Denkschriften der berliner Akademie für 1786 gründlich nachgewiesen ist. Zwar weicht der numerische Werth, welchen obige Formel liefert, bedeutend von der Erfahrung ab. **Newton** selbst berechnete für mittlere Temperaturen $v = 968$ engl. Fufs $= 906$ paris. Fufs, und mit richtigeren Werthen als

ihm für *e* und *d* zu Gebote standen, würde man eine noch etwas kleinere Zahl erhalten, während die genauesten Messungen heutiger Zeit ergeben haben $v = 1022$ par. Fuſs bei 0^0.

Allein diese Abweichung von der Erfahrung wirft keinen Makel auf **Newton**'s Theorie; sie entsprang einfach daraus, daſs er eine ihm unbekannte physikalische Bedingung nicht in Betracht zog. Er setzte dem Mariotte'schen Gesetze gemäſs die Elasticität der Luft einfach dem auf ihr lastenden Drucke proportional, nicht erwägend, daſs dasselbe hier noch einer Korrektion bedarf, indem bei den raschen Kondensationen und Dilatationen, welche die Luft bei der Fortpflanzung des Schalles erleidet, Entwicklung und Absorption von Wärme erfolgen, die nicht Zeit zur Ausgleichung haben, und die Elasticität der Luft erhöhen. Bringt man die Berichtigung an, wie es in neuerer Zeit von **Laplace** geschehen ist, so stimmt der Newton'sche Ausdruck sehr befriedigend mit der Erfahrung. Merkwürdig ist noch, daſs **Newton** bei seiner ganzen Untersuchung nie von Wellen spricht, sondern von Schlägen, Pulsibus.

Der letzte Gegenstand, den ich aus dem reichen Schatz der von **Newton** behandelten Aufgaben der mechanischen Physik noch zu besprechen für nöthig halte, ist die Bewegung des Wassers oder im Allgemeinen der tropfbaren Flüssigkeiten.

Newton ist der erste, der an einem aus einer Oeffnung hervorschieſsenden Wasserstrahl die Zusammenziehung beachtet hat, welche dieser in einiger Entfernung von der Oeffnung erleidet, die Contractio venae. Er giebt auch eine Erklärung von derselben, dergemäſs die vena contracta aus der Bewegung der Wassertheilchen vor dem Ausfluſs nach dem Mittelpunkt der Oeffnung entsteht, und gelangt durch seine Theorie zu dem Ausdruck für die Ausfluſsgeschwindigkeit

$$v = m\sqrt{2gh},$$

der eine Modifikation desjenigen von **Torricelli** $v = \sqrt{2gh}$ ist.

Dann behandelt er die Oscillationen des Wassers in kommunicirenden Röhren, und findet, dafs diese Oscillationen übereinstimmen mit denen eines Pendels, welches die halbe Länge der beiden Wassersäulen zur Länge hat. Aus diesem Satz leitet er nun wieder die Geschwindigkeit der Wasserwellen her.

Er betrachtet in einer Wasserstrecke AC, deren Mitte B ist, AB als eine Säule, deren Enden durch Oscillation steigen und fallen. Wenn das Wasser von A nach B steigt und darauf von B nach C wieder sinkt, so wird das Pendel von der Länge $\frac{1}{2}AB$ eine Oscillation machen, worunter **Newton** einen Hin- und Hergang versteht. In dieser Zeit ist aber die Welle um ihre ganze Länge fortgerückt, und in derselben Zeit würde auch ein viermal so langes Pendel eine halbe Oscillation machen, folglich wäre die Länge dieses Pendels $4 \cdot \frac{1}{2}AB = 2AB = AC =$ der Länge der Welle. Also schliefst **Newton**, die Zeit, in welcher eine Welle um ihre Länge fortschreitet, ist ziemlich gleich der Schwingungszeit eines einfachen Pendels von der Länge dieser Welle.

Eine Welle von 3,05 par. Fufs Länge würde also in einer Sekunde einen Weg von 3,05 par. Fufs zurücklegen, weil die Länge des Sekundenpendels soviel beträgt. Doch setzt **Newton** hinzu, es könne dies alles nur ungefähr richtig sein, da die Oscillationen der Wassertheilchen in den Wellen nicht senkrecht auf und ab geschähen, und wirklich haben auch die späteren Forschungen mannichfache Mängel an der Newton'schen Wellentheorie aufgefunden, was uns aber nicht darf vergessen lassen, dafs der grofse Mann hier sowie in manchen anderen Zweigen der mechanischen Physik die Bahn gebrochen hat.

Somit hätte ich denn den Haupt-Inhalt des berühmten Werkes dargelegt, durch welches **Newton** nicht nur sich selbst das unvergänglichste Denkmal errichtet, sondern in gewisser Beziehung auch für die Physik eine ebenso denkwürdige Epoche begründet hat, wie für die Astronomie. Ist der Erfolg, den **Newton** bei seinen physikalischen Unter-

suchungen errang auch lange nicht gleich zu setzen dem, welcher seine astronomischen Forschungen krönte, so muſs man doch anerkennen, daſs seine Principia den Grund legten zur engeren Verknüpfung der Mechanik mit der Physik, zur richtigeren Behandlung und Erkenntniſs der Bewegungsphänomene, die einen so groſsen Theil der physikalischen Aufgaben ausmachen.

Newton's Principia mathematica haben wesentlich dazu beigetragen die Phantasien der cartesischen Philosophie aus der Physik zu verdrängen, und an deren Stelle eine exakte Forschungsweise zu setzen. Und wenn es vielleicht scheinen kann, daſs sie der Physik der folgenden Decennien einen zu ausschlieſslich mathematischen Charakter ertheilten, so lag die Schuld weniger an **Newton**, als vielmehr in der Pedanterie seiner Anhänger, und andererseits in der gleichzeitigen auſserordentlichen Entwicklung der Mathematik, der sich so viele hervorragende Geister zuwandten, so daſs der Glaube verzeihlich war: das Heil der Physik liege allein in der Mathematik.

290. An dieser Glanzepoche der Mathematik hat bekanntlich **Newton** selbst einen so wesentlichen Antheil, daſs ich die Schilderung seiner Leistungen in bedeutendem Grade unvollständig lassen würde, wenn ich nicht wenigstens einiges darüber sagte, zumal sie ihn in Berührung setzten mit unserem berühmten Landsmann **Leibnitz**, und einen Streit hervorriefen, der in der gelehrten Welt jener Zeit das gröſseste Aufsehen erregte.

Unter allen Entdeckungen in der Mathematik ist die der Infinitesimalrechnung bei Weitem die bedeutendste. Keine andere frühere oder spätere läſst sich ihr an die Seite stellen, denn sie hat die Wissenschaft nicht bloſs erweitert, sondern ganz und gar umgestaltet, neu geschaffen und zu einer Höhe potenzirt, von der herab alle bis dahin gemachten Fortschritte nur als kleinlich erscheinen können. Kein Wunder also, daſs von dem Moment an, wo man die Wichtigkeit und Tragweite der neuen Rechnungsweise zu ahnen anfing, die Frage aufgeworfen ward, wem man

eigentlich die Erfindung dieses bewundernswürdigen Instruments zu verdanken habe.

Die Frage kann verschieden beantwortet werden. Will man die Erfindung demjenigen zuschreiben, bei dem sich die erste Spur derselben vorfindet, so hat man gar weit zurückzugehen. Man kann mit **Archimedes** anfangen, kann **Pappus**, **Keppler**, **Napier**, **Cavalieri**, **Fermat**, **Mercator**, **Wallis**, **Barrow** und Andere nennen, in deren Schriften sich mehr oder weniger ausgebildete Spuren derjenigen Methode finden, die darauf beruht die Gränzen zu finden, denen das Verhältniſs der Zunahmen veränderlicher Gröſsen sich in dem Maſse nähert, als diese Zunahmen kleiner werden. Aber in den Händen aller dieser Mathematiker blieb die Methode nur ein besonderer Kunstgriff zur Lösung gewisser schwieriger Aufgaben, und keiner ahnte, daſs darin der Keim einer gänzlichen Umgestaltung der Wissenschaft liege.

Erst **Newton** und **Leibnitz** haben die Allgemeinheit jener Methode erkannt, und sie auf eine fruchtbringende Weise zur Fortbildung der Wissenschaft anzuwenden verstanden. Daher kann denn auch eigentlich nur die Frage sein und ist es auch in der That nur gewesen, welchem von diesen beiden groſsen Männern die Urheberschaft des neuen Kalküls zuzusprechen sei. Leidenschaft und nationale Vorliebe haben diese Frage zu einem heftigen Streite angeschürt, der es seiner Zeit zu keiner ruhigen Entscheidung kommen lieſs. Jetzt nach mehr als einem Jahrhundert, da wir über den streitenden Partheien stehen, können wir ein richtiges Urtheil fällen, und müssen es folgendermaſsen abfassen.

Newton ist unzweifelhaft Entdecker jenes höheren Theils der Mathematik, den man heutigen Tages mit dem Namen Analysis des Unendlichen belegt, ja er ist sogar der erste Entdecker desselben, aber er ist nicht der alleinige. Auch **Leibnitz** hat ihn entdeckt, und seine Anrechte auf diese Entdeckung, wenngleich sie späteren Datums sind, sind darum ebenso wohl begründet wie die von **Newton**.

Ja wenn man zugleich die Frage aufwirft, wer von beiden die neue Rechnung unter dem allgemeineren Gesichtspunkt aufgefaſst, wer am meisten zu ihrer Ausbildung beigetragen hat, so kann kein Zweifel darüber obwalten, daſs **Leibnitz** das gröſsere Verdienst zuerkannt werden müsse. Eine gründliche Darlegung der Thatsachen, auf welche sich das vorstehende Urtheil stützt, gehört aber vor das Forum der Geschichte der Mathematik, die ich hier nicht zu liefern beabsichtige.

Zeitgenossen Newton's.

291. **Edmund Halley.** Dieser als Physiker und als Astronom gleich berühmt gewordene Mann war der Sohn eines wohlhabenden Seifensieders zu Haggerston bei London; er wurde daselbst 1656 geboren, und starb 1742 im 86sten Jahre seines Lebens zu Greenwich. Seine Neigung für physikalische und mathematische Beschäftigungen erwachten schon sehr früh. Bereits im J. 1672, also in seinem 16. Lebensjahr, als er noch in London die Paulsschule besuchte, fand er Vergnügen daran, Sonnenuhren zu verfertigen und die Kompaſsnadel zu beobachten. Diese Neigung wurde noch mehr erhöht, als der Vater ihn 1673 auf das Queen's College zu Oxford schickte, und eine kleine Sammlung physikalischer und astronomischer Instrumente für ihn ankaufte.

Im J. 1676, als er 20 Jahre zählte, erschien von ihm schon eine Abhandlung in den Philos. Transact., deren Inhalt war, die Aphelien und Excentricitäten der Planetenbahnen auf eine geometrische Weise zu bestimmen. Um dieselbe Zeit ging er mit dem Gedanken um, einen Fixsternkatalog zu entwerfen, da er aber erfuhr, daſs bereits zwei der berühmtesten Astronomen seiner Zeit, **Flamstead** und **Hevel**, mit dieser Arbeit beschäftigt waren, gab er diesen Plan in der Allgemeinheit auf, und beschränkte ihn bloſs auf die südliche Hemisphäre. Durch vornehme Gönner wuſste er es dahin zu bringen, daſs Karl II. ihn auf Staatskosten zum Zweck der Ausführung dieses Planes

nach St. Helena schickte. Im Februar 1677 kam er daselbst an, und beobachtete drei Monate hindurch, eine freilich etwas kurze Zeit; doch hatte er hier auch Gelegenheit, den Durchgang des Merkurs vor der Sonne zu beobachten.

Das Ergebnifs dieser Reise war ein *Catalogus stellarum australium*, der 1679 erschien, und worin er auch nicht versäumt hatte, seinen Schutzherrn durch ein neues Sternbild Robur Carolinum zu verewigen. Es war dieses Karl's II. Eiche genannt, zum Andenken an die hohle Eiche, in welche sich Karl II. nach der Niederlage des Marquis von Worcester vor den Truppen Cromwell's verbarg. Für **Halley** hatte diese Arbeit zunächst die Folge, dafs die königl. Gesellschaft ihn, obwohl erst 22 Jahr alt, im J. 1678 zu ihrem Mitgliede ernannte.

In der königl. Gesellschaft mufs er sich bald sehr grofses Vertrauen erworben haben, denn schon im nächsten Jahr 1679 sehen wir ihn von derselben nach Danzig gesandt, um den Streit zu schlichten, der zwischen **Hooke** und **Hevel** wegen des Gebrauchs der Fernröhre an astronomischen Mefswerkzeugen ausgebrochen war (§ 196, 239). Bekanntlich kehrte **Halley** mit dem Urtheile zurück, „ dafs **Hevel** mit Dioptern und blofsen Augen ebenso genau messe, als andere Astronomen mit Hülfe der damaligen Fernröhre.

Welchen Antheil **Halley** an der Entdeckung des Gravitationsgesetzes hatte, und wie namentlich er es war, der **Newton** zur Herausgabe seiner Principia bewog, habe ich bereits erwähnt. Theoretische Arbeiten über den Erdmagnetismus, deren ich gleich näher gedenken werde, machten es ihm wünschenswerth, die Phänomene der magnetischen Deklination in den tropischen Regionen des Atlantischen Oceans durch eigene Anschauung kennen zu lernen, und die Idee fand wegen ihrer praktischen Beziehung zur Schifffahrtskunst Unterstützung von Seiten der Regierung. König Wilhelm I. machte ihn zum Kapitän und übergab ihm ein Schiff, mit dem er am 20. Oktober 1698 von

England absegelte, zunächst nach der afrikanischen Küste, dann nach dem tropischen Amerika und Ostindien. Krankheiten und Meutereien unter dem Schiffsvolk zwangen ihn aber schon im Juli 1669 nach England zurückzukehren. Das Unternehmen ward indefs damit noch nicht aufgegeben. Mit neuer Mannschaft versehen, verliefs er England am 16. September 1699 abermals, besuchte die Azoren, die Kapverden, die Kanarischen Inseln, St. Helena, mehrere Küstenpunkte von Afrika und Amerika bis zum 53° S. und kehrte am 7. September 1700 in die Heimath zurück.

Die Frucht dieser Reise war für **Halley** selbst der Titel und lebenslänglich das halbe Gehalt eines englischen Flottenkapitäns, und für die Wissenschaft die erste Deklinationskarte. Der gute Erfolg des Unternehmens veranlafste, dafs König Wilhelm I. ihm im J. 1701 eine Aufnahme der englischen Küste im Kanal übertrug, sowohl in Bezug auf die geographische Ortsbestimmung als auch auf den Lauf der Fluth. Das Ergebnifs dieser Arbeit war eine Karte vom Kanal in gröfserem Mafsstabe.

Diese beiden Expeditionen verschafften **Halley** einen solchen europäischen Ruf, dafs der Kaiser von Oesterreich sich ihn von der Königin Anna erbat, um seinen Rath wegen Anlage eines bequemen Hafens am Adriatischen Meere zu vernehmen. In Folge defs machte **Halley** im November 1702 eine Reise nach Istrien, besuchte Wien, wo er vom Kaiser mit Auszeichnung empfangen ward, und kehrte dann über Hannover nach England zurück, von wo er jedoch noch einmal nach Oesterreich ging, um bei der Befestigung von Triest seine Rathschläge abzugeben.

Im J. 1703 wurde er nach **Wallis'** Tod Professor der Mathematik in Oxford, 1713 an Stelle des verstorbenen **Hans Sloane** Sekretär der königl. Gesellschaft, und 1719 nach **Flamstead's** Tode königl. Atronom an der Sternwarte in Greenwich. Er war der zweite, der diese wichtige Stelle bekleidete, und hat sie bis zu seinem Tode zum Ruhm des Instituts inne gehabt (§ 202).

292. Halley war ein ungemein thätiger Mann, und da er bis in sein hohes Alter im vollen Besitz seiner Geisteskräfte blieb, so begreift man, dafs seine Arbeiten sehr zahlreich sind. Die Philosoph. Transactions allein hat er mit 78 Abhandlungen bereichert, und aufserdem hat er noch mehrere eigene Werke geschrieben und andere übersetzt, z. B. *Apollonii Pergaei conicorum libr. VIII, Oxonii 1710* aus dem Arabischen ins Lateinische. Seine Arbeiten sind bei Weitem nicht alle mathematischen und astronomischen Inhalts, ein grofser Theil derselben greift vielmehr ins Gebiet der Physik und physikalischen Geographie.

Unter seinen astronomischen Arbeiten hat am meisten zu seinem Ruhme beigetragen die Berechnung der Bahnen von 24 Kometen, die zwischen 1337 und 1698 erschienen waren. Bei dieser Rechnung, die er im J. 1705 nach **Newton**'s Kometentheorie ausführte, hatte er das Glück zu finden, dafs die Kometen von 1531, 1607 und 1682 ein und derselbe Himmelskörper seien, der sich also nicht in einer Parabel oder Hyperbel, sondern in einer Ellipse, in einer geschlossenen Bahn bewege, und in etwa 75 Jahren seinen Umlauf um die Sonne vollende. Daher sagte er denn auch die Wiederkehr desselben im J. 1759 ganz richtig voraus, und es ist dies bekanntlich derselbe Komet, der auch 1835 sichtbar war.

Halley glaubte noch bei zwei anderen Kometen elliptische Bahnen gefunden zu haben, so u. A. bei dem grofsen Kometen von 1680, dessen Schweif 70° lang war. Von diesem glaubte er, was **Whiston** dann weiter ausführte, dafs er die Ursache der Sündfluth gewesen, dafs er dann später zur Zeit von Julius Caesar's Tode wieder erschienen sei, und eine Umlaufszeit von 575 Jahren habe, demgemäfs also im J. 2254 wieder erscheinen werde. Wir haben die Richtigkeit der Rechnung noch abzuwarten!

Nicht minder berühmt als durch die glücklichen Resultate seiner Kometenberechnungen ist **Halley** durch die von ihm ausgesprochene Idee geworden: Aus dem Durchgang der Venus oder des Merkurs durch die Sonnenscheibe

die Parallaxe der Sonne oder die Entfernung der Erde von der Sonne zu berechnen. Ueber Ausführung und Erfolg dieses Gedankens war bereits § 241 die Rede.

Von den astronomischen Verdiensten **Halley's** will ich noch erwähnen, dafs er der erste ist, welcher die eigenen Bewegungen gewisser Fixsterne konstatirt hat; er zeigte namentlich, dafs Aldebaran, Arktur und Sirius zu seiner Zeit um einen halben Grad südlicher standen als zu **Ptolemaeus** Zeiten. Seine Abhandlung darüber findet sich in den Philos. Transact. für 1718. Er spricht indefs blofs von der Bewegung in der Breite, **Cassini** entdeckte auch die in der Länge, dabei äufsernd, dafs sich die Sonne ebenfalls bewegen möge.[1])

Man mufs diese eigenen bisher noch unter kein Gesetz gebrachten Bewegungen verschiedener Fixsterne nicht verwechseln mit jener allen Fixsternen angehörigen kleinen Bewegung, die im Laufe jeden Jahres einen Cyklus durchläuft, und wie wir jetzt wissen, nur eine scheinbare ist, während wir die nicht periodische eigene Bewegung mit allem Grund für eine wahre halten. Jene periodische scheinbare Bewegung wurde auch zu **Halley's** Zeit entdeckt, und auf ihre Ursache zurückgeführt. **Hooke** ist wohl der erste, der sie beobachtet hat. Er sagt in seinem *Attempt to prove the motion of the earth*, *1674*, schon im J. 1669 gefunden zu haben, dafs γ draconis im Juli 25″ nördlicher stehe als im Oktober. Dann fand **Picard**, als er 1671 zu Uranienborg beobachtete, eine jährliche Veränderung von etwa 40 Sekunden; ebenso beobachtete **Flamstead** im J. 1680, dafs die Deklination des Polarsterns im Juli 40″ kleiner sei als im December. **Flamstead** hielt die Erscheinung für Wirkung einer Parallaxe der Sterne, **Cassini** und **Manfredi** bestritten dies, keiner aber wufste eine bessere Erklärung.

Da wollte es das Glück, dafs **Samuel Molineux**, ein Liebhaber der Astronomie, auf seiner Privatsternwarte zu Kew

---

[1]) Annuaire 1842, p. 383.

bei London ein vortreffliches von dem berühmten **Graham** konstruirtes Instrument aufstellte, und von dem jungen Dr. **Bradley**, damals Professor der Astronomie in Oxford, **Keill**'s Nachfolger seit dessen Tod 1721, im December 1725 einen Besuch erhielt. Um das neue Instrument zu prüfen und zugleich zu sehen, was an den früher von **Hooke** publicirten Beobachtungen sei, richteten sie dasselbe auf γ draconis, und waren sehr erstaunt, diesen Stern südlicher zu finden, als er einen Monat zuvor von **Molineux** allein beobachtet worden war. Sie schrieben dies anfänglich einem Beobachtungsfehler zu, aber die Fortsetzung der Beobachtung belehrte sie bald eines Besseren, denn es ergab sich, dafs der Stern innerhalb eines Jahres eine ganz regelmäfsige Bewegung machte.

Nicht lange darauf starb **Molineux** und **Bradley** setzte nun die Beobachtungen allein fort, und zwar zu Wanstead in Essex mit einem neuen Graham'schen Instrument. Hier verfolgte er das Phänomen von August 1727 mit unausgesetztem Fleifs, und war endlich so glücklich im folgenden Jahre in einem Briefe an **Halley**, der in den Philos. Transact. von 1728 aufgenommen ist, dasselbe vollständig zu erklären. Es beruht darauf, dafs das Fernrohr nur dann den wahren Ort des Sterns anzeigt, wenn die Bewegung der Erde mit der Richtung des Lichts vom Stern zusammenfällt; ist dies nicht der Fall, so mufs das Fernrohr mit dem Objektiv nach der Seite geneigt werden, nach welcher sich die Erde hinbewegt, damit der Lichtstrahl dasselbe längs der Axe durchlaufen kann. Diese Abweichung ist am gröfsesten, wenn beide Bewegungen senkrecht zu einander sind, und wie vorher bemerkt $= 0$, wenn die Bewegungsrichtungen zusammenfallen. Da die Erde bei ihrem Umlauf um die Sonne ihre Richtung stetig ändert, und das Fernrohr dem entsprechend gestellt werden mufs, so scheint es, als ob das Gestirn eine periodische Aenderung seiner Lage vollführe. Wäre die Geschwindigkeit der Erde auf ihrer Bahn verschwindend klein gegen die des Lichts, so würde die Erscheinung gar nicht zu Stande kommen, da sie aber

existirt, so sind die beiden Geschwindigkeiten vergleichbar, und in der That hat sich auch daraus die Geschwindigkeit des Lichtes ableiten lassen.

Dies ist das Phänomen, welches man später Aberration des Lichts genannt hat, und dessen Entdeckung eine der glänzendsten der neueren Astronomie genannt werden mufs. Es hat auch für die Physiker grofses Interesse, indem, wenn einmal die Bewegung der Erde als ein Faktum gesetzt wird, daraus ein neuer Beweis für die mefsbare Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts entspringt, wie andererseits, wenn die Geschwindigkeit des Lichts zugegeben wird, darin ein Beweis von der Bewegung der Erde enthalten ist, der noch dazu von der Gravitationstheorie unabhängig dasteht.

Als **Bradley** seine grofse Entdeckung machte, stand ihm, obwohl er Professor der Astronomie zu Oxford war, nur eine Privatsternwarte mit hinlänglichen Hülfsmitteln zu Gebote. Nach **Halley's** Tode im J. 1742 wurde er zu dessen Nachfolger an der königl. Sternwarte zu Greenwich ernannt, und diese Stelle bekleidete er bis an sein Ende mit Auszeichnung. Die wichtigste Arbeit, die er in Greenwich vollendete, war die über die Nutation der Erdaxe, und deren 18jährige vom Lauf der Mondknoten abhängige Periode. Auch diese Arbeit hatte er bereits im J. 1727 begonnen, aber erst 1748 war sie so weit gediehen, dafs er sie in den Philos. Transact. publiciren konnte. Am Schlusse dieser Abhandlung spricht er auch die Vermuthung aus, dafs wenn sich unser Sonnensystem im Weltenraum bewege, dies eine scheinbare Veränderung im Winkelabstand der Fixsterne herbeiführen werde[1]). Die Möglichkeit einer Bewegung der Sonne erörterten u. A. auch **Tobias Mayer** 1760, **Lambert** 1761, **Herschel** 1783.

James Bradley war 1692 zu Shireborn in Gloucestershire geboren, und starb zu Chalford in derselben Grafschaft 1762 an einer Harnverhaltung.

---

[1]) Annuaire 1842, p. 388.

293. Von **Halley's** physikalischen Verdiensten möchte ich zuvörderst hervorheben, dafs wir ihm in der Optik die erste allgemein gültige Formel für die Brenn- und Vereinigungsweiten der Strahlen bei allen sphärischen Linsen und Spiegeln verdanken; er gab diese Formel in den Philos. Transact. von 1693. Bis dahin hatte man sich nach **Barrow's** und Anderer Vorgang noch immer zur Lösung dieser Aufgabe der schwerfälligen geometrischen Methode bedient, welche nöthigt jeden einzelnen Fall besonders zu betrachten. **Halley's** Formel umfafst alle Fälle, sobald man die Dicke der Gläser vernachlässigt und nur diejenigen Strahlen betrachtet, die einen kleinen Winkel mit der optischen Axe machen, was auch für die Betrachtung der Fernröhre meistens genügt. Seine Formel kommt im Wesentlichen mit der in **Biot** III, 250 überein:

$$\frac{1}{\delta} + \frac{1}{\delta'} = (n-1)\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r'}\right)$$

wo δ und δ' die Objekt- und Bildweite, r und r' die Halbmesser der beiden Linsenflächen, und n den Brechungsexponenten bezeichnet.

Ferner verdankt man **Halley** auch die ganz artige Beobachtung, dafs das Meerwasser, während es ein grünes Licht reflektirt, ein komplementares rothes durchläfst. Er machte diese Beobachtung im J. 1716, als er sich mit einer Taucherglocke bis zu einer beträchtlichen Tiefe ins Meer hinabliefs, und daselbst seine Hände ganz roth erscheinen sah. **Halley** verband mit diesem Unternehmen die Absicht, die Kunst unter Wasser zu leben zu vervollkommnen. Dazu gab er nicht nur der Taucherglocke eine verbesserte Einrichtung, sondern ersann auch ein Verfahren sie mit frischer Luft zu versehen. Im J. 1721 kam er nochmals auf den Gegenstand zurück, und beschrieb eine Taucherkappe, eine Vorrichtung, die in roher Gestalt zwar schon sehr alt ist, die man aber seitdem sehr verbessert hat, und gegenwärtig in vielen Fällen der Taucherglocke vorzieht, wenn es sich darum handelt Dinge vom Meeresgrunde herauf zu schaffen [1]).

[1]) Philosoph. Transactions 1716, 1721.

Halley's Arbeiten im Gebiet der Wärmelehre habe ich bereits erwähnt (§. 221). Umfassender und bleibender sind seine Verdienste in den verschiedenen Zweigen der physikalischen Geographie, deren einige er beträchtlich erweitert hat. Dies gilt namentlich vom Erdmagnetismus. Die erste hierher gehörige Abhandlung von ihm erschien in den Phil. Transact. von 1683. Er giebt darin zunächst eine für die damalige Zeit ganz vollständige numerische Tafel über die magnetische Deklination an verschiedenen Punkten beider Hemisphären, und sucht dann die Erscheinungen durch eine Theorie zu verknüpfen. Er kommt zu dem Schluſs, daſs die Erde vier Magnetpole besitzen müsse, zwei in der Nähe eines jeden geographischen Pols.

Diese Theorie ist insofern bemerkenswerth, als sie vor mehreren Decennien durch den Professor **Hansteen** in seinen *Untersuchungen über den Magnetismus der Erde, Christiania 1819* wiederum aufgefrischt worden ist, und eine geraume Zeit in Ansehn gestanden hat, bis sie denn später als unhaltbar aufgegeben wurde.

In einer zweiten Abhandlung, die **Halley** in den Phil. Transact. für 1692 veröffentlichte, beschäftigte er sich mit der Ursache der Veränderung der Deklination. Diese Abhandlung ist gleichsam eine Fortsetzung der ersten. Die Annahme von vier Magnetpolen für die Erde, die er einerseits für nothwendig hielt, um die Verschiedenheit der magnetischen Deklination auf der Erdoberfläche zu erklären, schien ihm doch andererseits in Widerspruch zu stehen mit der Thatsache, daſs kein Magnetstab mehr als zwei Pole habe. **Halley** suchte diesen Widerspruch zu lösen und glaubte es gethan zu haben, wenn er annähme, daſs in der Erde eine Kugel enthalten sei, getrennt durch eine Flüssigkeit von der äuſseren Kruste, und begabt mit einer gewissen Bewegung; daſs dann sowohl die eingeschlossene Kugel als die umhüllende Kruste jede zwei Pole habe.

In dieser allerdings ziemlich willkührlichen Hypothese, nach welcher also die Erde zwei feste und zwei beweg-

liche Magnetpole haben würde, sah sich **Halley** dadurch bestärkt, dafs **Newton** die Dichtigkeit des Mondes in dem Verhältnifs 9 : 5 gröfser als die der Erde gefunden hatte. Dies Resultat, welches die neueren Beobachtungen übrigens keineswegs bestätigt haben, da sie die Dichtigkeit des Mondes nur = 0,8 von derjenigen der Erde ergeben, schien **Halley** nicht anders erklärlich, als durch Annahme einer absolut oder relativ hohlen Sphäre, von der er auch glaubte, ihr Inneres könne ebenso gut bewohnbar sein als ihr Aeufseres; also eine förmliche Unterwelt!

Bemerkenswerth ist, dafs auch diese Theorie in neuerer Zeit wieder hervorgeholt ist, und noch dazu ohne einmal **Halley** dabei zu nennen. Es geschah im J. 1819 durch den längst verstorbenen **Steinhäuser**, Professor der Mathematik in Halle. Dieser in mancher Beziehung originelle Mann nahm zur Erklärung der Veränderung der magnetischen Deklination einen förmlichen Planeten im Innern der Erde an, und berechnete für denselben eine Umlaufszeit von 440 Jahren.

Die eben genannten beiden Abhandlungen schrieb **Halley** vor den Reisen, welche die nähere Erforschung der magnetischen Deklination im Atlantischen Ocean zum Zweck hatten. Nach Vollendung dieser Reisen hatte er die glückliche Idee, die Resultate seiner und Anderer Beobachtungen graphisch darzustellen, nämlich diejenigen Punkte der Erdoberfläche, an denen die magnetische Deklination gleich ist, durch Linien mit einander zu verbinden. So entstand denn die im J. 1701 von ihm veröffentlichte Deklinationskarte, die erste ihrer Art, die allen späteren als Vorbild gedient hat, und noch jetzt von grofsem Werth ist, indem sie uns verglichen mit heutigen Karten veranschaulicht, wie sich seit jener Zeit die Linien gleicher Abweichung, die isogonischen Linien, verschoben haben.

294. Um dieselbe Zeit fing man auch an die magnetische Inklination mehr zu beachten, wie denn u. A. ein gewisser **Cunningham** im J. 1700 eine ziemliche Reihe solcher Beobachtungen auf einer Reise von England nach

China anstellte [1]), aber man kam noch nicht auf den Gedanken auch diese Inklinationen graphisch darzustellen. Erst **Joh. Karl Wilcke** (geb. 1732 zu Wismar, gest. 1796 zu Stockholm) veröffentlichte 1768 in den schwedischen Abhandlungen die erste Neigungskarte.

Dagegen erfuhr die Kenntnifs des Erdmagnetismus in anderer Weise zu **Halley**'s Lebzeiten eine Erweiterung, deren Erwähnung ich hier für um so paſslicher halte, als sie von einem Manne ausging, der auch sonst in mehrfacher Beziehung zu **Halley** stand. Es war dies die Entdeckung der täglichen Variation der magnetischen Deklination durch **Graham**, über den ich zuvörderst eine kurze biographische Notiz voranschicken will.

George Graham war geboren 1675 zu Horsgills bei Kirklinton, Cumberland. Er war von niederem Stande, und kam 1688 nach London zu einem Uhrmacher in die Lehre. Hier entwickelte er so viele mechanische Talente, daſs **Tompion**, damals der berühmteste Uhrmacher Londons, derselbe, welcher wie früher erwähnt im J. 1675 die erste Taschenuhr in England mit Hooke'scher Spiralfeder anfertigte (§ 237), ein ganz besonderes Interesse für ihn faſste, ihn in sein Haus aufnahm und wie seinen Sohn behandelte. **Graham** verfertigte für das Observatorium zu Greenwich unter **Halley** eine bedeutende Anzahl für die Zeit vortrefflicher Instrumente, namentlich einen groſsen Mauerquadranten, den er mit eigener Hand theilte; so auch den groſsen Sektor, mit welchem **Bradley** die Aberration der Fixsterne entdeckte, und einen Theil der Meſsinstrumente, namentlich Uhren, welche die Franzosen zu ihrer Gradmessung in Lappland anwandten.

Er verfertigte auch für den Lord Orrery ein Planetarium, welches so viel Beifall erhielt, daſs es seitdem Sitte unter den englischen Groſsen wurde ihre Bibliotheken mit solchen Kunstwerken zu zieren, und oft an 1000 Lstrl. dafür zu zahlen. Solche Planetarien werden seit jener Zeit

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. III, 539.

Orreries genannt, und war es **Desaguliers**, der diesen Namen zuerst gebrauchte [1]). Das Graham'sche Planetarium ist indeſs nicht das älteste. Ein freilich viel unvollkommneres verfertigte sich mit eigener Hand der durch seine Liebe zur Astronomie so rühmlich bekannte Landgraf Wilhelm IV. von Hessen-Kassel als Prinz, ehe er zur Regierung kam (geb. 1532, reg. 1567—1592). Veranlassung dazu hatte ihm das 1540 erschienene *Astronomicon caesareum* von **Peter Apian** gegeben, wo dieser zur Zeit so berühmte Hofmathematiker des Kaisers Karl V. die Bahnen der Planeten durch bewegliche Pappkreise vorgestellt hatte.

Mit seiner Handgeschicklichkeit und seinem mechanischen Talent verband **Graham** auch Kenntnisse in der Physik und Astronomie, und so dürfen wir uns denn auch nicht wundern, den Uhrmacher und Mechaniker zum Mitglied der königl. Gesellschaft ernannt zu sehen. Er hat die Phil. Transact. mit verschiedenen sehr werthvollen Aufsätzen bereichert. Er starb im hohen Alter 1751 zu London, und wurde in der Westminster-Abtei bestattet auf den ausdrücklichen Wunsch von **Tompion** in einem Grabe mit demselben.

Was die tägliche Veränderung der magnetischen Deklination betrifft, so entdeckte sie **Graham** im J. 1722, als er eine 12 Zoll lange Magnetnadel, die auf einem Hütchen schwebte und mit einem Limbus versehen war, der ihre Lage bis auf 2 Minuten festzustellen erlaubte, längere Zeit beobachtete. Dabei fand er die Lage der Nadel innerhalb einer gewissen Gränze nicht nur von Tag zu Tag, sondern auch von Stunde zu Stunde eines und desselben Tages verschieden. Er setzte die Beobachtungen längere Zeit fort, und machte mehr als 1000 derselben, konnte jedoch in den Bewegungen der Nadel keine Gesetzmäſsigkeit entdecken. Die einzige Regel, die er aufzufinden vermochte, bestand darin, daſs die Deklination, d. h. die westliche des Nord-Endes der Nadel zwischen 12 bis 4 Uhr

[1]) v. Zach, Monatl. Korrespond. VII, 93.

Nachmittags am gröfsesten, und zwischen 6 und 7 Uhr Abends am kleinsten sei.

Es müssen besondere Umstände bei **Graham**'s Beobachtungen mitgewirkt haben, vielleicht versteckte Eisenmassen in seinem Wohnhause, denn die Stunden sind unrichtig; das Minimum fällt etwa auf 9 Uhr Vormittags, und das Maximum auf ungefähr 3 Uhr Nachmittags. Insofern mufs man sagen, dafs **Graham** das Phänomen nur halb entdeckt habe, wie es andererseits gewifs ist, dafs er diese Hälfte zuerst entdeckt hat. Man findet nämlich wohl angegeben, dafs der Pater **Guy-Tachart** schon im J. 1682 dieselbe Entdeckung gemacht habe, als er dem Könige von Siam in der Stadt Louvo die magnetische Deklination zeigen wollte. Allein das ist ein Mifsverständnifs, denn was dieser beobachtete war nicht eine periodische Veränderung der magnetischen Deklination im Laufe des Tages, sondern eine Verschiedenheit der Deklination von Tag zu Tag ohne Rücksicht auf die Stunden.

Genauer und vollständiger wurden dagegen die täglichen Veränderungen der magnetischen Deklination erforscht durch **Anders Celsius**, Prof. in Upsala (wo er 1701 geboren und 1744 gestorben ist), der seine Beobachtungen 1740 in den Denkschriften der Akademie zu Stockholm bekannt machte. **Celsius** mufs wenigstens als der zweite Entdecker des Phänomens betrachtet werden, da er die Stunden des Minimums und Maximums richtig festsetzte.

Graham verfolgte das Phänomen auch bei der Inklination, wozu er sich eigends ein für die Zeit ganz gutes Inklinatorium verfertigte. Er beobachtete dasselbe im J. 1723 längere Zeit hindurch, sowohl in Bezug auf die Lage der Nadel als auf deren Schwingungsdauer, konnte aber weder in der Inklination noch in der Intensität eine periodische Aenderung wahrnehmen, obwohl sich unregelmäfsige Verschiedenheiten herausstellten. Diese Beobachtungen, sowie die über die täglichen Veränderungen der Deklination veröffentlichte er in den Phil. Transact. für 1724.

295. Um hier **Graham**'s Verdienste sogleich zusammen zu fassen, bleibt nur noch von denen zu sprechen, durch welche er in der Geschichte der Kunst der Zeitmessung Epoche macht, ich meine seine Bemühungen um die Vervollkommnung des Uhrpendels.

Huyghens hatte, als er das Pendel mit der Uhr verband, nur an die Beseitigung einer möglichen Unregelmäſsigkeit seines Ganges gedacht, derjenigen nämlich, welche aus einer Ungleichheit der kreisförmigen Schwingungsbogen entsteht. Er beseitigte sie, indem er das Pendel mittelst seiner cykloidischen Bleche zwang, eine Cykloide zu beschreiben, bei welcher groſse und kleine Bogen in gleicher Zeit durchschwungen werden. Vollständiger und praktischer entfernte jenen Uebelstand der londoner Uhrmacher **William Clement** im J. 1680 durch die Erfindung des englischen Hakens oder der Anker-Hemmung, welche jede Ungleichheit der Schwingungsweiten verhinderte, und somit erlaubte bei kreisförmigen Schwingungsbogen stehen zu bleiben (§ 253).

Als indeſs die Astronomen anfingen sich der Pendeluhren bei ihren Beobachtungen zu bedienen, bemerkten sie, daſs die Uhren dennoch einen unregelmäſsigen Gang zeigten, namentlich im Winter schneller gingen als im Sommer. Man kam bald zur Einsicht, daſs dies nur Wirkung der Temperatur sein könne, die bei Erhöhung das Pendel verlängert, und bei Erniedrigung verkürzt. Wie aber dem Uebelstande abzuhelfen sei, das wuſste keiner anzugeben, obwohl ganz gescheute Männer wie **Picard**, **de la Hire** u. A. denselben zu ihrem Nachtheile kennen gelernt hatten. Da nun begann **Graham** ums J. 1715 sich mit diesem Gegenstand zu beschäftigen.

Graham verfiel zunächst auf den Gedanken, ob nicht in der ungleichen Ausdehnung der Metalle eine Abhülfe des Uebels zu finden sei. Er untersuchte demnach die Ausdehnung einiger derselben wie Messing, Stahl, Eisen, Kupfer, Silber u. s. w., kam aber zu dem Resultat, daſs die Unterschiede ihrer Ausdehnung innerhalb der gewöhn-

lichen Temperaturen viel zu gering seien, als daſs man daraus einen Nutzen ziehen könne. So lieſs er die Sache wieder liegen bis zum J. 1721, wo er auf die Herstellung einer Libelle mit Quecksilber gerieth, und dabei dieses Metall zwar als untauglich für diesen Zweck erkannte, zugleich aber die groſse Ausdehnung des Quecksilbers kennen lernte. Dies brachte ihn darauf eine Art Quecksilberthermometer mit dem Pendel zu verbinden. Er schloſs, wenn die Temperatur steigt und das Pendel sich verlängert, so dehnt sich das Quecksilber aus; dadurch wird der Schwerpunkt desselben gehoben, während der Schwerpunkt des Pendels sinkt. Bei einem richtigen Verhältniſs der Massen beider muſs man eine Kompensation erreichen, so daſs der Schwerpunkt des ganzen Systems oder vielmehr das Oscillationscentrum desselben unverrückt bleibt.

Graham führte diesen Gedanken sogleich aus, und da er ihn bewährt fand, so konstruirte er im J. 1722 eine Uhr mit solchem Kompensationspendel aufs sorgfältigste, und beobachtete sie 3 Jahre lang sehr genau bei Meridian-Durchgängen von Fixsternen. Während dieser ganzen Zeit zeigte die Uhr einen bewundernswürdig regelmäſsigen Gang, und dies ermuthigte denn **Graham** seine wichtige Erfindung in den Phil. Transact. für 1726 bekannt zu machen. Späterhin erhielt das Gefäſs mehr die Form eines Thermometers[1]).

296. Unterdeſs war ein anderes mechanisches Talent auf dieselbe Bahn gerathen, und drohte **Graham**'s Verdienste zu beeinträchtigen. **John Harrison** geb. 1693, der Sohn eines Zimmermanns zu Foulby in Yorkshire, welcher aus dem Repariren von Uhren ein Geschäft machte, hatte sich durch das Studium von **Saunderson**'s physikalischen Vorlesungen, die er sich von dem Ortspfarrer geliehen und des Nachts hindurch mit allen Figuren kopirt hatte, so weit herausgebildet, daſs er die Unvollkommenheiten der damaligen Pendeluhren einsah, und mit Hülfe einer Dreh-

[1]) Nicholson, Journ. 1797, I, 56.

bank bereits im J. 1725 eine Uhr darstellte, welche einen aufserordentlich regelmäfsigen Gang besafs.

Das Räderwerk war gröfstentheils von Holz, aber das Pendel war mit einer Kompensation versehen, die ihren Zweck ebenso vollständig erfüllte wie die Graham'sche, obwohl sie ganz davon verschieden war. Das Pendel bestand aus 9 Stangen nebeneinander, abwechselnd Messing und Eisen, die so miteinander verbunden waren, dafs die Verlängerungen oder Verkürzungen, die sie in Folge von Temperatur-Aenderungen erlitten, einander aufheben oder kompensiren mufsten. Fig. 37 versinnlicht die Anordnung der Stäbe, und sind die beiderlei Metalle durch ausgezogene und punktirte Linien unterschieden. Wegen ihrer Aehnlichkeit mit einem Rost, hat man diese Vorrichtung mit dem Namen der rostförmigen Kompensation oder des Rostpendels, Gridiron pendulum, belegt.

Fig. 37.

Im J. 1726 hatte **Harrison** bereits zwei solcher Uhren dargestellt, bei welchen er das Pendel, ohne etwas von **Huyghens'** Arbeiten zu kennen, oben zwischen cykloidischen Blechen schwingen liefs, dasselbe auch an der Mauer des Hauses unverbunden mit dem Uhrwerk aufhing, weil auch er bemerkt hatte, dafs die Festigkeit des Aufhängepunktes eine wesentliche Bedingung zur Regelmäfsigkeit des Pendelganges sei.

Harrison kam im J. 1728 nach London, wo man bis dahin noch nichts von ihm wufste. Er machte hier die Bekanntschaft von **Halley**, und dieser empfahl ihn an **Graham**, der ihn wohlwollend aufnahm und in der Ausführung seiner Pläne behülflich war. **Harrison's** Erfindung fand viel Beifall und Nachahmung, obwohl es scheint, dafs sie nicht Jedermann bekannt geworden ist, denn noch im J. 1741 überreichte **Cassini** der pariser Akademie, und sogar 1752 **John Ellicott** der londoner Gesellschaft die Beschreibung einer Pendelkompensation, die ganz mit der Harrison'schen identisch ist. In späteren Jahren, etwa von 1737 an, machte selbst

Graham Uhren mit solchen rostförmigen Pendeln, und trug so dazu bei seine Quecksilber-Kompensation in Vergessenheit zu bringen, obwohl diese keineswegs schlechter ist, vielmehr in neuester Zeit von mehreren Astronomen für vorzüglicher gehalten wird als die Rost-Kompensation.

297. Als **Harrison** im J. 1728 nach London kam, hatte er nicht sowohl sein Rostpendel im Auge, als vielmehr die Lösung einer anderen freilich damit verwandten wichtigen Aufgabe, die seit beinahe 200 Jahren die Astronomen und Seefahrer beschäftigt, und damals wenige Jahre zuvor eine neue Anregung erhalten hatte. Es war nämlich das für die Schifffahrt so wichtige Problem, die geographische Länge oder den Meridianunterschied auf dem Meere zu finden. Ich habe schon einiges davon bei Gelegenheit von **Galilei** angeführt (§ 115), und will hier die Geschichte des Gegenstandes noch einmal kurz zusammenstellen.

Zur Lösung des Problems der Meereslänge bieten sich im Allgemeinen drei Hülfsmittel dar:

1) die Bewegung der Himmelskörper;

2) der Gang einer Uhr;

3) die Verschiedenheit der magnetischen Deklination von Ort zu Ort.

Ueber das erste dieser Mittel war bereits § 115 die Rede. Die zweite Idee, die Meereslänge durch eine Uhr zu finden, hatte zuerst ein Holländer **Reinerus Gemma Frisius** geb. 1508 zu Dockum in Friesland und gest. 1555 zu Löwen, wo er als Arzt und Mathematiker in grofsem Ansehn stand. Er sprach diesen Gedanken aus in dem Werk: *De principiis astronomiae*, *Par. 1547*. Begreiflicher Weise konnte aber an eine Ausführung desselben nicht gedacht werden, da die Uhren damals noch viel zu unvollkommen waren. Indefs ging die Idee nicht verloren, **Metius**, **Riccioli**, **Varenius**, **Hooke** und **Huyghens**, sogar **Leibnitz** nahmen sie wieder auf.

Huyghens schrieb, nachdem er seine Pendeluhren erfunden, eigends eine Anleitung: *Brevis institutio de usu*

horologiorum ad inveniendas longitudines[1]), und veranlaſste einen schottischen Schiffskapitän **Holmes** zwei solcher Uhren auf einer Reise nach St. Thomas an der afrikanischen Küste mitzunehmen. Nach dem Bericht, der in den Philos. Transact. für 1665 über den Erfolg dieser Reise gegeben ist, leisteten die Uhren auch wirklich gute Dienste, wenigstens bessere als die rohen Schiffsrechnungen nach dem Log, allein es leuchtet ein, daſs eine Pendeluhr auf einem schwankenden Schiff nicht lange richtig gehen kann, und das muſs man auch wohl erfahren haben, denn so vielen Beifall diese Uhren zu Lande fanden, so schnell wurden sie auf dem Meere vergessen.

Noch mehr ward von diesem Schicksal der dritte Vorschlag betroffen, der wie es scheint zuerst von dem Engländer **Burroughs** im J. 1580 ausging, von **Porta** 1589 wiederholt wurde, und selbst später noch Anhänger fand, wie z. B. **Halley**. Es scheint auch, daſs man niemals recht ernstlich die Anwendung der magnetischen Deklinationen dem Versuch unterworfen hat.

So war denn das Problem der Meereslänge zu Anfang des XVIII. Jahrhunderts noch ein gänzlich ungelöstes, wiewohl es an Aufforderungen sich mit demselben zu beschäftigen nicht gefehlt hatte. König Philipp III. hatte im J. 1600 auf die Lösung desselben einen Preis von 120000 Piaster ausgesetzt, und späterhin versprachen die General-Staaten von Holland 30000 Gulden. Indeſs erweiterte sich von Jahr zu Jahr die Ausdehnung der transatlantischen Schifffahrt, und damit wuchs auch das Bedürfniſs den Ocean mit Sicherheit durchschneiden zu können. Hierdurch ward denn nun im J. 1714 das englische Parlament veranlaſst einen Ausschuſs nieder zu setzen, der diese Lebensfrage der Schifffahrt in gründliche Erwägung ziehen sollte.

Newton, **Whiston**, **Clarke** u. A. waren Mitglieder dieses Ausschusses. **Newton** arbeitete eine ausführliche

---

[1]) Holländisch abgefaſst 1657; auch Phil. Transact. 1669.

Denkschrift aus, worin er die verschiedenen Methoden zur Auffindung der Meereslänge und deren Schwierigkeiten gründlich auseinander setzte. Er sprach sich auch über den Gebrauch der Uhren aus, meinte indessen, daſs die Veränderung der Hitze und Kälte, der Feuchtigkeit und Trockenheit, sowie der Veränderungen der Schwerkraft in verschiedenen Regionen zu groſse Schwierigkeiten darböten, als daſs man sie vorerst überwinden würde. Diese Ansicht scheint übrigens damals sehr verbreitet gewesen zu sein, denn noch im J. 1758 bezweifelte ein ausgezeichnetes Mitglied der Akademie zu Stockholm **Peter Wargentin**, daſs man je dahin kommen werde die Länge zur See mittelst Uhren genau zu bestimmen, da man eben Pendeluhren nicht gebrauchen könne.

Indeſs hielt es die Kommission für gut den Erfindungsgeist der Nation durch Aussetzung eines angemessenen Preises aufzumuntern, und so versprach denn das Parlament 10000 Lstrl. auf die Bestimmung der Meereslänge bis zu 1°; 15000 Lstrl. bis auf 40′ und 20000 Lstrl. bis zur Genauigkeit von 30′. Durch einen späteren Akt wurden diese Preise noch näher festgestellt, und namentlich dem Verfertiger einer Uhr respektive 5000, 7500 und 10000 Lstrl. versprochen, wenn sie nach sechsmonatlicher Reise die Länge bis auf 1°, 40′, 30′ genau angebe; auch wurde eine Summe von 2000 Lstrl. zu Versuchen ausgesetzt.

Trotz der Ansehnlichkeit dieser Belohnungen fand sich doch viele Jahre lang kein Bewerber um sie. Erst im J. 1724 trat ein solcher auf, und nicht einmal in England. Es war nämlich der Uhrmacher **Henry Sully**, zwar ein Engländer von Geburt, aber in Frankreich ansäſsig. Er reichte dem Könige eine Schrift ein: *Description abrégée d'une horloge de nouvelle invention pour l'usage de la navigation, 1724*, und zeigte auch die Uhr in der pariser Akademie vor. Diese stattete einen günstigen Bericht über die Uhr ab; sie wurde dann bei mehreren Versuchen auf der Garonne bei Bordeaux ganz brauchbar befunden, als sie aber bei einer Seefahrt geprüft werden sollte, traten

allerlei Intriguen und Mifshelligkeiten dazwischen, unter denen **Sully** 1728 starb, ohne dafs der Versuch ausgeführt worden wäre.

In diesem Jahr kam nun **Harrison** nach London. Aufgemuntert durch die hohen Preise des Parlaments hatte er darüber nachgedacht eine tragbare Uhr zu verfertigen, die den Anforderungen genüge, und glaubte wirklich auf das bei seinem Rostpendel angewandte Princip gestützt eine solche erfunden zu haben. Er hatte von dieser Uhr, die er Timekeeper (Zeithalter) nannte, eine Zeichnung, und legte diese **Halley** vor um dessen Urtheil zu hören, und seine Verwendung in Anspruch zu nehmen. **Halley** adressirte ihn an den in diesen Dingen viel erfahreneren **Graham**, welcher **Harrison** rieth seine Erfindung noch weiter zu vervollkommnen, ehe er mit derselben hervortrete. **Harrison** befolgte diesen Rathschlag, und reiste in die Heimath zurück um Hand ans Werk zu legen. Sieben Jahre lang verfolgte er unablässig seinen Plan, bis er denn endlich im J. 1735 eine Uhr zu Stande gebracht hatte, mit der er glaubte sich in London sehen lassen zu können. Er schiffte sich mit ihr in Portsmouth ein, reiste nach Lissabon, und von da nach Portsmouth zurück. Auf beiden Reisen gab sie genau dieselbe Längendifferenz. So etwas war noch nicht erhört gewesen. **Halley, Bradley, Graham** und andere Sachkenner erstaunten, und stellten mit Freude ein Zeugnifs über die Güte der Uhr aus.

Mit diesem Zeugnifs versehen wandte sich **Harrison** an das Board of Longitude, um eine Unterstützung zu beanspruchen, die ihm auch 1737 zu Theil ward. Jetzt liefs er sich in London nieder, und legte sich mit neuem Eifer auf die Vervollkommnung seines Werkzeugs. 1739 hatte er einen zweiten Timekeeper fertig, der schon besser war als der erste; 1749 ging der dritte aus seiner Hand, der wiederum den zweiten übertraf, und von der königlichen Gesellschaft durch Zuertheilung ihrer Copley'schen Medaille belohnt wurde.

Aber noch immer hatte **Harrison** sich selber noch nicht genug gethan. Da legte er denn die Hand noch einmal ans Werk, und stellte 1758 einen vierten Timekeeper her. Jetzt wandte sich **Harrison** an die Kommission und verlangte, daſs die vom Parlament festgesetzte Prüfung mit der Uhr vorgenommen werde. In Folge deſs machte sein Sohn Wilhelm, begleitet vom Kommissar des Parlaments, im November 1761 von Deptford eine Reise nach Port Royal auf Jamaica und zurück bis zum März 1762. Das Resultat war, daſs die Uhr innerhalb 4 Monaten nur 1′ $54\frac{1}{2}$″ in Zeit oder $28\frac{1}{2}$ Minute in Bogen abgewichen war.

Dies Resultat war auſserordentlich günstig, denn es lag noch unter der Gränze, welche die Parlamentsakte festgestellt hatte; **Harrison** machte daher Anspruch auf den vollen Preis. Man erhob jedoch Zweifel an der richtigen Längenbestimmung, und meinte die Fehler könnten sich wohl auf der Hin- und Herreise von Port Royal kompensirt haben. Deshalb erkannte man ihm nur 2500 Lstrl. als Belohnung zu, bewilligte ihm aber doch nachher 5000 Lstrl., als er sich bereit erklärte die Konstruktion seiner Uhr so bekannt zu machen, daſs andere Künstler danach arbeiten könnten.

Nach manchen Verhandlungen machte endlich sein Sohn Wilhelm eine zweite transatlantische Reise im März 1764 nach Barbados zur Prüfung der Uhren, und als auch hierbei der Längenunterschied von Portsmouth und Barbados bis auf 43 Zeitsekunden genau gefunden ward, so zahlte das Parlament im J. 1765 dem unterdeſs zum 72järigen Greis gewordenen **Harrison** die Hälfte des Preises d. h. 10000 Lstr. aus. Auſserdem gedachte das Parlament aber auch derer, die während deſs die astronomischen Hülfsmittel zur Auffindung der Meereslänge vervollkommnet hatten. Es zahlte 3000 Lstrl. an unseren **Euler** in Berlin für seine Vervollkommnung der Mondtheorie, 3000 Lstrl. an die Erben von **Tobias Mayer** (gest. zu Göttingen 1762) für dessen Mondtafeln, und endlich versprach es 5000 Lstrl.

denen, die in der Folge nützliche Erfindungen für die Schifffahrt machen würden. **Harrison** überlebte seinen Triumph noch geraume Zeit, er starb 1776 im 83. Lebensjahr.

298. Kehren wir nach dieser Diskussion wieder zu **Halley** zurück, um seine fernerweitigen Verdienste im Gebiet der Physik und physikalischen Geographie näher zu betrachten. Da ist es denn zunächst das um die Vervollkommnung der Theorie des barometrischen Höhenmessens, welches wir hervorheben.

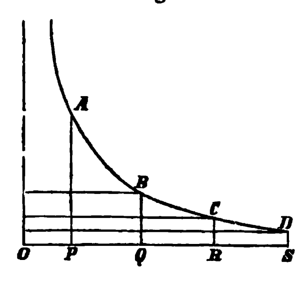
Mariotte hatte den ersten Grund zu dieser Theorie gelegt, indem er in seinem *Essai sur la nature de l'air, Paris 1676* erstlich experimentell bestimmte, wie hoch die Luftschicht sei, welche dicht über dem Erdboden einer Barometer-Differenz von $\frac{1}{12}$ par. Linie entspreche, und dann aus dem nach ihm benannten Gesetz berechnete, wie hoch jede der folgenden Luftschichten sei, welche einer gleichen Barometerdifferenz entspricht (§ 212). Der Weg, den **Mariotte** einschlug, war so unrecht nicht, er hätte nur die Höhe der Luftschichten für noch kleinere Barometerdifferenzen in Betracht ziehen dürfen; allein im weiteren Verfolg dieser Idee blieb er stecken, und kam ganz auf Abwege. Er vermochte nicht die Summe der Höhen aller Luftschichten zwischen den unteren und oberen Stationen anzugeben, und nahm daher für diese Höhen eine arithmetische Reihe an. Bemerkenswerth ist, dafs **Mariotte** wohl einsah, man könne die wachsenden Höhen der einzelnen Luftschichten nach der Regel finden, wodurch man die Logarithmen berechne, aber doch nicht weiter an den Gebrauch der Logarithmen dachte.

Neun Jahre später übergab **Halley** der königlichen Gesellschaft eine Abhandlung über das barometrische Höhenmessen, in welcher die von **Mariotte** begonnene Theorie wesentlich vervollkommnet wurde. Er ging dabei von einer geometrischen Betrachtung aus, die näher zu kennen nicht ohne Interesse sein dürfte. Nach dem Mariotte'schen (Boyleschen) Gesetze ist $v : v' = p' : p$, unter v, v' Volumina, p, p'

Drucke verstanden; aber so verhalten sich auch die Koordinaten einer Hyperbel, wenn wir sie auf die Asymptoten beziehen, in Fig. 38 also:

$$OP : OQ = QB : PA.$$

Fig. 38.



Wenn also $OP : OQ : OR \ldots$ die Drucke oder Barometerstände vorstellen, so sind PA, QB, $RC \ldots$ die entsprechenden Voluinina derselben Luftmasse, oder was hier das nämliche ist, die Höhen derselben Luftschicht. Dann schliefst er weiter: die Gesammthöhe aller Luftschichten zwischen zwei Stationen, denen z. B. der Barometerstand OS und OR zukommt, ist offenbar gleich der Summe aller Ordinaten zwischen SD und RC, d. h. gleich dem Flächenraum $RCDS$. Allein in der gleichseitigen Hyperbel verhalten sich die Flächenräume:

$$RCDS : QBCR = \log \frac{OS}{OR} : \log \frac{OR}{OQ}.$$

Folglich, sagt er, da die Flächenräume die Höhen H und die Abscissen die Barometerstände B, b vorstellen, so ist:

$$H = A \log \frac{B}{b}.$$

Halley bestimmte dann die Konstante A aus dem specif. Gewicht der Luft zu Wasser $= 1 : 800$, und dem von Wasser zu Quecksilber $= 1 : 13{,}5$, wonach das der Luft zu Quecksilber $= 1 : 10800$, und folglich ein Luftcylinder von 10800 Zoll oder 900 Fufs einer Quecksilbersäule von 1 Zoll das Gleichgewicht halten mufs.

Das ist denn die noch heute gültige Barometerformel in ihrer einfachsten Gestalt; sie hat in derselben allerdings noch ihre Mängel, betrachtet z. B. noch nicht den Einflufs der Temperatur, aber in der Hauptsache ist sie richtig. Um so mehr mufs man sich wundern, dafs sie anfangs so wenig Beachtung fand, und noch geraume Zeit nach

ihr andere offenbar falsche Regeln für das barometrische Höhenmessen aufgestellt wurden. So behauptete **Maraldi** in den Mém. de Paris von 1703, die Höhen der Luftschichten, die vom Meere an gerechnet einer barometrischen Differenz von einer Linie entsprechen, betrügen folgweise 61, 62, 63, 64 .. Fuſs. Und eine ähnliche Regel stellte der Pater **Feuillée** auf; ja noch im J. 1733 folgerte **Jacq. Cassini** aus einigen Beobachtungen, die er in den Pyrenäen gemacht, daſs sich die Dichte der Luft wie das Quadrat des Drucks verhalte[1]). Selbst der groſse **Daniel Bernoulli** gab in seiner Hydrodynamik von 1738 eine nicht minder unrichtige Formel. Erst **Bouguer** brachte im J. 1749 **Halley** zu Ehren, obwohl er ihn nicht nennt, als er sich zur Berechnung seiner in Peru gemachten Höhenmessungen der logarithmischen Formel bediente, nur mit einer kleinen Veränderung der Konstanten. — **Pierre Bouguer**, geb. 1698 zu Croisic in der Bretagne, gest. 1758 zu Paris, war Professor der Hydrographie und Mitglied der pariser Akademie.

299. In derselben Abhandlung, worin **Halley** seine Barometerformel auseinander setzt, in den Philos. Transact. für 1686, beschäftigt sich derselbe auch mit der Ursache der Barometerveränderungen, einem Gegenstand, der von der Zeit an, da man ihn kennen lernte, zu so vielen zum Theil ganz absurden Hypothesen Anlaſs gegeben hat. So glaubte **Martin Lister**, ein sonst ganz achtbarer Mann, einer der ältesten Petrefaktologen (geb. 1638 zu Radcliff in Buckinghamshire und gest. 1712 als Leibarzt der Königin Anna), daſs die Barometer-Veränderungen lediglich im Quecksilber selbst zu suchen seien, welches sich beim Fallen zusammenziehe und Luft ins Vakuum entweichen lasse, beim Steigen aber dieselbe wiederum absorbire.

Noch kühner war der zu seiner Zeit so berühmte Geologe **Woodward**, geb. 1665 in Derbyshire und gest. 1728 als Arzt und Professor in Cambridge. In seinem

[1]) Mém. de Paris 1733.

Essay towards a natural philosophy of the earth, London 1695 nimmt er an, daſs die Erde im Innern mit einer ungeheuren Masse Wasser angefüllt sei, und daſs die aus dieser Wasserkugel durch Oeffnungen zeitweise sich erhebenden Wasserdünste den Druck der Luft abwechselnd vermehrten oder verminderten, und somit die Barometer-Veränderungen hervorbrächten. Die hypothetische Wasserkugel spielt überhaupt in der Geologie von **Woodward** eine groſse Rolle. Sie war nach ihm ursprünglich von einer starken festen Kruste eingeschlossen, aber der Wille der Allmacht wollte, daſs diese Kruste eines Tages einbrach; das Wasser drang plötzlich hervor, und somit war denn die Sündfluth da!

Nicht viel besser war die Hypothese, welche **de la Hire** in den Mém. de Paris von 1705 entwickelte. Sie stützte sich auf die ganz ungereimte Voraussetzung, daſs die Atmosphäre ein nach den Polen verlängertes Sphäroid bilde, und daſs demgemäſs die Nordwinde den Druck der Luft vermehren, die Südwinde denselben vermindern müſsten.

Vernünftiger, aber freilich auch noch mit manchen Hypothesen und Irrthümern untermischt, waren schon die Vorstellungen, welche **Mariotte** in seinem *Essai sur la nature de l'air, Paris 1676* aussprach, denen zufolge die Nord- und Nordostwinde das Barometer heben, nicht allein weil sie die Luft verdichten und schwerer machen, sondern auch, weil sie von oben nach unten wehen, und so umgekehrt die Süd- und Südwestwinde [1]). Aehnlich waren die Vorstellungen von **Halley**, der den Winden auch den hauptsächlichsten Antheil an den Barometer-Veränderungen zuschrieb. In den Einzelheiten kommt freilich manches Willkührliche und Problematische vor, was einer näheren Begründung bedürfte [2]). So behauptet u. A. **Halley**, daſs der senkrechte Druck der Atmosphäre durch die horizontale Bewegung des Windes eine Verminderung erleide.

---

1) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 428.
2) Ibid. II, 433.

Vielleicht war es diese Behauptung, welche **Hawksbee**, den Experimentator der königl. Gesellschaft, veranlaſste, einen jedenfalls sehr lehrreichen Versuch anzustellen, welcher in dessen *Physico-mechanical experiments, London 1709* beschrieben ist. Bei demselben wird die Luft in einer 16 Quart fassenden Kugel bis zum Drei- oder Vierfachen komprimirt, und dann durch eine seitliche Oeffnung im Gefäſse eines Barometers über die Quecksilberfläche geleitet.

Das Quecksilber sank im Barometer um 2 Zoll, und **Hawksbee** glaubte durch dieses Experiment das Fallen des Barometers bei Stürmen erklären zu können. Abgesehn von dieser Erklärung, die wir dahin gestellt sein lassen wollen, ist der Versuch wohl beachtenswerth und veranschaulicht auf eine lehrreiche Weise die Verminderung des Seitendrucks, die bei Bewegung von Flüssigkeiten in Röhren stattfindet. Bei inkompressiblen Flüssigkeiten untersuchte **Dan. Bernoulli** diese Erscheinungen im J. 1726 [1]), und genauer in seiner berühmten Hydrodynamik von 1738; bei kompressiblen, gasförmigen Flüssigkeiten hat man sie erst in neuerer Zeit mehr beachtet [2]).

Durch die Untersuchungen von **Mariotte** und **Halley** wurde die Frage über die Barometer-Veränderungen keineswegs beigelegt, vielmehr gab sie in jener Zeit noch zu mancher Diskussion Veranlassung, in welche wir selbst **Leibnitz**'s Namen mit verflochten sehen. Ein Streit zwischen den Aerzten **Ramazzini** (geb. 1633 zu Carpi in Modena, gest. 1714 zu Padua) und **Schelhammer** (geb. 1649 zu Jena, gest. 1716 in Kiel), geführt in den Jahren 1696 bis 98, veranlaſste **Leibnitz**, sich dahin auszusprechen, daſs er die Dünste als Körper betrachte, welche das Gewicht der Atmosphäre nur so lange vermehrten, als sie von dieser getragen würden, daſs diese Vermehrung aber sogleich aufhöre, sobald die Dünste herabfielen. Um diese Ansicht,

[1]) Theoria nova de motu aquarum per canales fluentium, Petersb. Mém. II.

[2]) P. Ewart, Erscheinungen beim plötzlichen Ausströmen elastischer Flüssigkeiten, Poggend. Ann. XV, 309.

die das Fallen des Barometers bei Regenwetter erklären würde, zu erläutern schlug er folgenden Versuch vor: Er hing an eine Wage eine etwas lange mit Wasser gefüllte Röhre, legte auf das Wasser eine hohle anfangs verschlossene Metallkugel und stellte das Geichgewicht her. Hierauf öffnete er die Kugel, liefs das Wasser in dieselbe eindringen, und brachte dadurch die bis dahin schwimmende Kugel zum Sinken. Als hierbei nun das Gegengewicht in der Schale einen Ausschlag gab und die Röhre mit ihrem Inhalt sich leichter geworden zeigte, so ward hierin ein Beweis für die Richtigkeit des angeführten Satzes gefunden [1]).

Der Versuch wurde mehrfach wiederholt und bestätigt gefunden, namentlich in Paris von dem berühmten **Réaumur**, aber man sah ihn doch keineswegs als eine genügende Erklärung der Barometer-Veränderungen an, wie dies daraus erhellt, dafs noch im J. 1715 die Akademie zu Bordeaux deshalb einen Preis aussetzte. **Mairan** gewann denselben; er leitete die Ursache jener Veränderungen von den Winden und namentlich ihrer Geschwindigkeit her. Seine Abhandlung bot indefs gar manche Blöfsen dar, welche auch zu Rügen besonders durch **Hartsoeker** 1722 Anlafs gaben.

300. Auch die regelmäfsigen Winde, die in den tropischen Regionen herrschen, und unter dem Namen Passate und Monsoons bekannt sind, waren Gegenstand des Nachdenkens von **Halley**. Er schrieb darüber eine Abhandlung in den Philos. Transact. für 1686, die ihm einen gewissen Ruf gebracht hat, aber sehr mit Unrecht, denn die von ihm aufgestellte Theorie der Passate ist ganz unhaltbar.

Die Passate, jene immerwährenden Ostwinde, die auf beiden Seiten des Aequators innerhalb der Tropen wehen, erklärte er, indem er annahm, dafs die Sonne immer die Luft an demjenigen Ort am stärksten erwärme, in dessen Scheitel sie steht; dafs die erwärmte Luft aufsteigt, oben

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 437

nach allen Seiten abfliefst und unten von allen Seiten ersetzt wird, jedoch, da die Sonne von Osten nach Westen fortschreitet, von Osten her in viel bedeutenderem Maſse als von den übrigen Seiten, namentlich von Westen. Die Unzulänglichkeit dieser Theorie geht schon daraus hervor, dafs sie einen der merkwürdigsten Umstände des Passatwindes, nämlich die Abwesenheit desselben unter dem Aequator selbst, unerklärt läfst.

Viel genügender ist jene Theorie der Passate, welche **Georg Hadley** aufstellte, nicht zu verwechseln mit **John Hadley**, der den Spiegelsextanten erfand, und das erste gröfsere Spiegelteleskop herstellte. **G. Hadley** entwickelte die Theorie in den Philos. Transact. von 1735, also noch zu **Halley's** Lebzeiten. Diese Theorie hat das mit der Halley'schen gemein, dafs auch sie die Erwärmung der über dem Aequator befindlichen Luft durch die Sonnenwärme als erste Ursache der Passate ansieht, aber in dem Weiteren weicht sie wesentlich von ihr ab. **Hadley** läfst die erwärmte Luft aufsteigen und nur von beiden Seiten her durch kältere Luft ersetzen. Diese kältere, aus Norden und Süden herbeiströmende Luft kommt aber aus Gegenden, wo die Rotationsgeschwindigkeit der Erde, absolut genommen, kleiner ist als unter dem Aequator; sie mufs also hinter der Geschwindigkeit, welche die Erde unter dem Aequator von West nach Ost besitzt, zurückbleiben, und so entsteht ein immerwährender Ostwind, der genau genommen nur ein scheinbarer ist, indem die Gegenstände auf der Erde schneller von West nach Ost gehen als die Luft. Dafs unter dem Aequator selbst kein Passat vorhanden ist, erklärt sich durch ein Aufstauen der von beiden Seiten heranströmenden Luft.

Diese sinnreiche und bisjetzt als richtig anerkannte Theorie, von der sich eine unklare Andeutung schon bei **Mariotte** in dem Traité des mouvements des eaux 1686 findet, ist lange, obwohl sie sogar eine Hauptstütze der allgemeinen Meteorologie bildet, unbeachtet geblieben, und später wegen der Namenähnlichkeit zwischen **Hadley** und

Halley häufig dem letzteren zugeschrieben, der indeſs gar keinen Antheil an ihr hat. Wenn übrigens **Halley** auch in der Erklärung der Passate nicht glücklich war, so muſs man doch anerkennen, daſs er uns sowohl über diese Winde, wie über die im Indischen Meere herrschenden Monsoons (malayisch von Mussin Jahreszeit) die ersten detaillirten und übersichtlichen Nachrichten mitgetheilt hat, auch hat er von diesen Winden eine Karte gegeben [1]).

Die Halley'sche Theorie fand zwar vielen Beifall, erregte aber auch manche Zweifel, die Veranlassung gaben, daſs die Akademie der Wissenschaften zu Berlin auf das Jahr 1746 die Preisaufgabe stellte: das Gesetz zu bestimmen, welches der Wind befolgen müsse, wenn die Erde überall mit Wasser bedeckt wäre.

Man sieht die Aufgabe war aus einem rein mathematischen Standpunkt aufgefaſst, und so waren auch die Antworten. Von drei Abhandlungen, die einliefen, erhielt die von **d'Alembert** den Preis. Sie ist als mathematische Arbeit recht schätzbar, hat aber nichts zur Lösung des Problems beigetragen. Die Herleitung des Passats von der Erwärmung der Luft verwirft er gänzlich, und sieht die Ursache dieses Windes allein in der Anziehung der Sonne und des Mondes auf die Atmosphäre. Es ist übrigens merkwürdig, daſs sowohl **d'Alembert** wie die ungenannten Verfasser der beiden anderen Abhandlungen, die das Accessit erhielten und auch gedruckt wurden, nur von Halley sprechen, und **Hadley's** auch nicht mit einer Sylbe gedenken; offenbar haben sie seine Theorie gar nicht gekannt.

301. Ich kann das Kapitel von dem Winde nicht schlieſsen, ohne nicht auch einiges von den Messungen der Geschwindigkeit oder Stärke desselben zu sagen, die ihren Anfang gegen Ende des XVII. Jahrhunderts nehmen. Die älteste Angabe über die G e s c h w i n d i g k e i t d e s W i n d e s ist wohl die, welche **Mariotte** in seinem Traité du mouve-

---

[1]) Philos. Transact. 1686; Acta Erudit. 1687, p. 509.

ment des eaux 1686 giebt. Er setzt darin die Geschwindigkeit des heftigsten Windes auf 32 Fuſs in der Sekunde. Da diese Geschwindigkeit aber viel zu gering ist, und er nicht sagt, wie sie gefunden worden, so wäre möglich, daſs die Angabe auf einer bloſsen Schätzung beruhte.

Das älteste Anemometer ist wohl dasjenige, welches **Croune**, ein sehr thätiges Mitglied der königl. Gesellsch. im J. 1667 dieser Gesellschaft vorzeigte. Es bestand aus einem cylindrischen Gefäſs, am Umfang mit 32 gleichabständigen Schlitzen versehen, so daſs der Wind mit koncentrischer Kraft auf eine darin eingeschlossene Fahne wirken konnte. **Hooke** meinte dies Instrument zu verbessern, indem er ihm die Gestalt eines Doppelkegels gab, in der Mitte, wo der Querschnitt am kleinsten ist, 32 Löcher anbrachte, und diese durch Scheidewände trennte, welche gleichsam Trichter für den Wind bildeten. Der einströmende Wind sollte dann auf Pfeifen wirken und **Hooke** glaubte, wenn das Instrument auf der Spitze eines Thurmes angebracht würde, bei Tag und bei Nacht die Richtung und Stärke des Windes aus der Höhe und Stärke des Tones bestimmen zu können [1]). Offenbar ist dieses akustische Anemometer nur Projekt geblieben.

Zweckmäſsiger war das Anemometer, welches ein Ungenannter in den Philos. Transact. für 1667, p. 444 beschrieb [2]). Um den Winkelpunkt eines aufrechten und in Grade getheilten Quadranten dreht sich ein leicht beweglicher Stab, dessen Ende eine ebene Fläche trägt, gegen welche der Wind stöſst. Bei völliger Windstille hängt dieser Stab mit der Fläche vertikal herab, er hebt sich aber bei entstehendem Winde, welcher horizontal gedacht wird, und aus der Ablenkung läſst sich die Stärke des Windes bestimmen; sie ist proportional dem Sinus der Ablenkung, da die Lage der Fläche sich ändert. Dasselbe Instrument ist 1733 vom Marquis **Poleni**, und 1744

---

[1]) Edinb. Encyclop.: Anemometer.

[2]) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 485.

von dem Engländer **Pickering** beschrieben. Eine Modifikation hiervon ist der Windmesser, welchen **Bouguer** in seinem *Traité du navire, Paris 1746* angab, wo der Wind auf eine vertikale Scheibe wirkt, und durch sie eine Feder zusammendrückt.

Auch die windmühlenartigen Anemometer sind eine Erfindung der ersten Decennien des XVIII. Jahrhunderts. Das älteste derselben beschrieb der als Philosoph und Mathematiker zu seiner Zeit so berühmte Freiherr **Christian v. Wolf** in seinen *Elementa aerometriae, Lips. 1709*, eine Abänderung davon ist das Anemometer des Engländers **Martin**. Beide haben miteinander gemein, daſs die Windmühle ein Gewicht heben muſs, das mit immer gröſserem Moment wirkt, bis die Mühle zum Stillstand kommt. Zu dem Ende ist bei **Wolf**[1]) die Welle, welche durch vier kleine Windflügel gedreht wird, mit einigen Schraubengängen versehen, welche wie eine Schraube ohne Ende in ein Stirnrad eingreifen und dieses bewegen. In die wagerechte Axe des letzteren ist ein Hebelarm eingesetzt, an dessen Ende sich ein Gewicht befindet, welches bei Windstille lothrecht herabhängt, beim Umlauf der Flügelwelle aber gehoben wird, und ein desto gröſseres Moment erlangt, je mehr es steigt. Bei **Martin** hat die Mühle eine konische Axe, um welche sich eine Schnur mit Gewichten schlingt, und nach der Basis hin aufwickelt.

Es giebt wenig Gegenstände in der Physik, zu deren Messung so viele und verschiedenartige Instrumente erfunden worden wären als eben die Windstärke. Die meisten derselben sind indeſs ebenso schnell wieder vergessen, als sie erfunden wurden, und haben der Wissenschaft keinen sonderlichen Nutzen gebracht. Die Zahl der brauchbaren Messungen über die Geschwindigkeit des Windes ist sehr gering, und steht gar nicht im Verhältniſs zu der Zahl der erfundenen Anemometer. Als die ältesten dieser Messungen müssen die des Engländers **Derham** ge-

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 484.

nannt werden; sie wurden im J. 1705 angestellt und 1708 in den Philos. Transact. bekannt gemacht. Er folgerte aus der Geschwindigkeit, mit welcher der Wind leichte Gegenstände z. B. Daunen fortführt, daſs ein Sturm in der Stunde 50—60 engl. Meilen zurücklege, was offenbar zu wenig ist; **Rochew** beobachtete als Geschwindigkeit eines Orkans 120 engl. Meilen d. i. 24 deutsche [1]).

Diesem **Derham** gebührt auch das Verdienst, daſs er zuerst a. a. O. den Einfluſs des Windes auf die Schallgeschwindigkeit nachwies, einen Einfluſs, den die Akademiker del Cimento noch läugneten, und der allerdings schon feinere Beobachtungsmittel erfordert, als diese besaſsen, da die Geschwindigkeit des Schalles gegen die des Windes sehr groſs ist.

William Derham war geboren 1657 in Stoughton bei Worcester, und starb 1735 zu Upminster in Essex, wo er von 1689 an eine geistliche Stelle bekleidete. Obwohl er ein eifriger Theologe war, auch viele theologische Schriften verfaſste, so hatte doch auch das Studium der Natur einen groſsen Reiz für ihn. Die Nähe Upminsters an London gab ihm Gelegenheit mit den Physikern der Royal Society bekannt zu werden, und sich ihnen bald von einer so vortheilhaften Seite zu zeigen, daſs sie ihn zum Mitgliede der Gesellschaft erwählten. Er hat die Philosoph. Transact. mit mehreren schätzbaren Arbeiten bereichert, und auſserdem auch mehrere eigene Werke als: *Physico-Theology, Lond. 1713*, *Astro-Theology*, *Lond. 1714* u. a. m. herausgegeben.

302. Endlich muſs ich, um die Skizze von **Halley**'s mannichfaltiger Thätigkeit zu vollenden, noch erwähnen. daſs er auch an anderen meteorologischen Fragen seiner Zeit lebhaften Antheil nahm, so an der über die Entstehung der Quellen, die Natur des Nordlichts und die Herkunft der Feuerkugeln.

---

[1]) The philosophical Transact. abridged V, 392.

Die Frage über die Quellen war zu seiner Zeit in Frankreich Gegenstand mehrfacher Verhandlungen. **Mariotte** erklärte sich für die schon von **Vitruv**[1]) zu Augustus' und Tiber's Zeiten ausgesprochene Ansicht, dafs die Quellen nur aus Regen und Schneewasser entspringen, und er suchte diese Ansicht dadurch näher zu begründen, dafs er einen Vergleich anstellte zwischen dem nach Beobachtungen in Dijon auf das Flufsgebiet der Seine niederfallenden Regen, und dem in Paris unter der Brücke Pont royal hinfliefsenden Wasser (§217). Allein **Perrault**[2]) und **de la Hire**[3]) machten dagegen Einwendungen, indem sie aus den von ihnen deshalb angestellten Versuchen den Schlufs zogen, dafs das Regenwasser in einen mit Pflanzen besetzten Boden nicht tiefer als 2 Fufs eindringe, obwohl schon **Mariotte** diesem bereits von **Seneca** gemachten Einwurf durch die richtige Bemerkung vorgebeugt hatte, dafs man bei dieser Frage das rohe Erdreich von dem angebauten unterscheiden müsse, und ersteres viel leichter kleine Kanäle darbiete als das letztere.

Perrault glaubte daher annehmen zu müssen, dafs die Quellen der niederen Gegenden aus den Flüssen gespeist würden, diejenigen auf Bergen aber aus der Verdichtung von Wasserdampf entsprängen, welcher im Innern der Berge in Höhlen aufsteige. Eine ähnliche Ansicht hatte schon **Descartes** ausgesprochen. In seinen Principes philosoph. Vol. IV vom J. 1644 läfst er Seewasser durch Kanäle in die Erde dringen, dort in grofsen Höhlen heifs werden, und eine Destillation erleiden, bei welcher die Gipfel der Berge die Helme sind, an denen die Dämpfe sich niederschlagen und durch Oeffnungen als Quellen abfliefsen.

In anderer Weise wurden **Mariotte**'s Ansichten von **Sédileau** angegriffen[4]), indem dieser behauptete, die von

[1]) De architectura lib. VIII, cap. 1.
[2]) Oeuvres diverses II, 787; Fischer, Gesch. d. Phys. II, 583.
[3]) Mém. de Paris 1703.
[4]) Mém. de Paris 1693.

Mariotte angestellte Rechnung über die Menge des meteorischen Niederschlags, und die durch die Flüsse abgeführte Wassermenge beruhe auf willkührlichen Daten, was allerdings schon wegen der ungefähren Schätzung des Betrags der Verdunstung nicht ganz ungegründet war. Nur eine Insel, fügte **Sédileau** hinzu, könne richtige Data zu einem solchen Vergleiche liefern, und da lasse sich nach einem Ueberschlage zeigen, daſs auf England und Schottland kaum halb so viel Regenwasser falle, als zur Unterhaltung der Flüsse nöthig sei.

Um dieselbe Zeit etwa, nämlich in den Philos. Transact. für 1692 [1]), sprach **Halley** seine Ansichten über Verdunstung und Entstehung der Quellen aus. Er stimmt zwar in so fern mit **Mariotte** überein, als er die Quellen aus atmosphärischem Wasser entspringen läſst, meint aber doch, es sei das auf das Land fallende Regenwasser nicht hinlänglich, um die Quellen und Flüsse zu speisen. Er nimmt daher an, sie erhielten ihre Hauptnahrung aus dem vom Meere aufsteigenden Dampfe, der von den Winden gegen die Gipfel der Berge geführt, und dort durch die Kälte zu Tropfen verdichtet würde. Er stützte sich dabei einerseits auf Versuche, die er über die Gröſse der Verdunstung gemacht, und andererseits auf das Vorkommen einer Quelle auf der Spitze von St. Helena. Gegen diese Ansicht machte **Derham** den Einwurf in seiner Physico-Theologia, daſs die Grafschaft Essex, worin er wohne, sehr reichlich mit Quellen und Bächen versehen sei, obwohl kein Punkt sich höher als 400 Fuſs erhebe.

Bemerken will ich hier noch, daſs der zuerst von **Sédileau** gemachte Ueberschlag des Verhältnisses zwischen dem niederfallenden Meteorwasser und dem durch Verdunstung und Flüsse abgeführten Wasser für England im J. 1803 von **Dalton** nach etwas genaueren Daten wiederholt worden ist, aber mit einem gerade entgegengesetzten Resultate, denn **Dalton** findet, daſs das verdunstende und

---

[1]) Phil. Transact. abridged III, 387, 427.

abfliefsende Wasser genau dem aus der Atmosphäre niedergefallenen gleich sei[1]).

Sédileau war Mitglied der pariser Akademie. Von dieser damit beauftragt, machte er von 1688 bis 1696 die ersten regelmäfsigen meteorologischen Beobachtungen in Paris und Frankreich. Früher waren von **Picard** im J. 1666, aber nur von Zeit zu Zeit, dergleichen angestellt, und noch früher von einigen unbekannten Dilettanten in Paris und Dijon. — **Perrault** ein Arzt und ebenfalls Mitglied der pariser Akademie war geb. 1613 zu Paris und starb daselbst 1688.

Was die Beobachtungen über die Menge des fallenden Regens betrifft, so waren die ältesten darüber in Frankreich diejenigen, welche **Mariotte** von einem Ungenannten in Dijon anstellen liefs. Das dabei gebrauchte Ombrometer bestand aus einem quadratischen Trichter, der das Wasser in ein cylindrisches Gefäfs leitete, wo es nach seinem Volumen und daraus nach seiner Höhe bestimmt ward (Traité du mouvement des eaux, 1686).

In England machte die ersten Beobachtungen dieser Art **Richard Townley**, ein Schüler von **R. Boyle** und Mitglied der Royal Society. Er veröffentlichte in den Philos. Transact. von 1694 die Resultate 15jähriger Beobachtungen welche er von 1678 an zu Townley in Lancashire gemacht hatte. Sein Ombrometer besafs einen runden Trichter von 12 Zoll Durchmesser am oberen Rand, und das in einem Glascylinder gesammelte Wasser wurde dem Gewichte nach bestimmt. Diese Bestimmungsweise nach dem Gewicht fand in der ersten Zeit vielen Beifall bei den Engländern, und wurde namentlich von **Derham** befolgt, während die Franzosen, besonders **de la Hire** seit 1699 regelmäfsig, dem bequemeren und jetzt allgemein üblichen Verfahren der Volumenmessung den Vorzug gaben. Seit jenen Zeiten hat nun das Ombro- oder Hyetometer eine Unzahl von verschiedenartigen Abänderungen erfahren, theils

[1]) Gilbert, Annalen XV, 249.

um die Regenmenge zu registriren, wozu schon Hooke im J. 1679 eine Vorrichtung angab[1]), theils um die bei jedem Winde fallende Regenmenge zu finden.

303. Auf das Nordlicht ward die Aufmerksamkeit der Physiker zu Halley's Zeit hauptsächlich durch dasjenige hingelenkt, welches sich im J. 1716 in so ungemeiner Pracht über dem mittleren Europa entwickelte, wodurch Halley und Andere veranlaſst wurden über die Ursache dieses Phänomens nachzudenken. Es war das erste, welches nach langer Zeit in diesem Theile von Europa sichtbar war, denn Halley, welcher damals 60 Jahre zählte und doch den Himmel fleiſsig durchmusterte, hatte bis dahin noch keins in England gesehen.

Die meisten Physiker, darunter der berühmte Wolf in Halle, waren der Meinung, das Nordlicht bestehe aus entzündlichen, nitrösen und sulphurösen Dünsten, die von der Erde aufstiegen. Halley dagegen sprach in den Philos. Transact. für 1716 die Ansicht aus, es sei ein magnetischer Ausfluſs von den nördlichen Polen der Erde. Dieser, obwohl etwas unbestimmte Ausspruch ist merkwürdig, weil damals noch durchaus keine Beziehung des Nordlichts zum Magnetismus bekannt war. Es drängt sich demnach die Frage auf, wie Halley zu seiner Ansicht kam.

Zunächst, da ihm alle Erklärungen aus gewöhnlichen Dünsten unhaltbar schienen, leitete ihn eine dunkle Analogie zwischen den Formen des Nordlichts und den von Descartes angenommenen magnetischen Wirbeln, die er durch die Art, wie sich Eisenfeile auf einem Papier über einer Terella, d. i. einem kugelförmigen Stahlmagneten (§ 122) gruppirt, zu veranschaulichen suchte. Aber sein Hauptgrund war, daſs der Scheitel des Nordlichtbogens ungefähr ebenso viel nach West abwich vom Meridian wie das Nordende der Magnetnadel. Diese Beobachtung hat Halley wohl zuerst gemacht.

---

[1]) Birch, Hist. of the Royal Soc. III, 476.

Uebrigens zeigt sich **Halley** bei der Beschreibung des Nordlichts als ein sorgfältiger Beobachter. Er zeigt, dafs die Lichtsäulen der Hauptsache nach grade sein müssen, und dafs ihre Krümmung und ihr Zusammenlaufen zu einem Punkt, woraus die Nordlichtkrone entsteht, auf einer optischen Täuschung beruhe. Er giebt die Lage dieser Krone genau an als südlich vom Zenith, beim Nordlicht von 1719 fand er sie 14 bis 15° südlich. In einem Punkte verfiel indefs **Halley** gänzlich in Irrthum; er hielt nämlich das Nordlicht nicht für ein leuchtendes, sondern für ein beleuchtetes Phänomen. Er meinte, die Nordlichtstrahlen stiegen so hoch auf, dafs sie zum Erdschatten hinausträten und von der Sonne beleuchtet würden. Demgemäfs glaubte er auch, dafs es sich mit dem Nordlicht ähnlich wie mit dem Regenbogen verhalte, dafs also jedes Auge sein eigenes Nordlicht sähe.

Trotz dieser Irrthümer und ihrer ganzen Unbestimmtheit war die Halley'sche Hypothese gewifs besser als andere, die vor und nach ihm aufgestellt wurden, wie z. B. die von **Descartes**, welche noch 1744 von **Samuel v. Triewald**, einem Mitglied der stockholmer Akademie, wieder aufgefrischt und durch Versuche erläutert wurde, zufolge welcher das Nordlicht aus dem Widerschein des um den Nordpol befindlichen Schnees und Eises entspringen soll. **Triewald** liefs das Sonnenlicht durch eine enge Oeffnung in ein dunkles Zimmer auf ein Prisma fallen, von welchem es auf die Oberfläche des in einem Glase befindlichen Branntweins gelangte. Die von hier gegen eine weifse Wand geworfenen farbigen Strahlen malten auf dieser einen so natürlichen Nordschein, dafs demselben nichts ähnlicher sein konnte, und selbst die blitzenden Strahlen und ihre Umwandlung in farbige Wolken gelegentlich auftraten [1]).

Vielen Beifall erlangte eine Zeitlang die Hypothese, welche **Mairan** in seinem *Traité de l'aurore boréale,*

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. V, 872.

Paris 1733 entwickelte, welche auch mit derjenigen verwandt ist, die **Euler** 1746 in den Mém. de Berlin aufstellte. **Mairan** erklärte das Nordlicht für identisch mit dem Zodiakallicht, oder liefs es vielmehr aus einer Vermischung des Zodiakallichts mit der Erdatmosphäre entstehen, und **Euler** glaubte es sei von der Natur der Kometenschweife. Beide Hypothesen bedürfen heut zu Tage keiner Widerlegung, indefs gab **Mairan** später [1]) einige Erläuterungen zu seinem Werke, worin er eine für die Natur des Nordlichts recht wichtige von **Halley** übersehene Thatsache zuerst anführt, nämlich die, dafs die Nordlichtkrone in der verlängerten Richtung der Inklinationsnadel liegt.

Es ist dies die zweite Relation zwischen Nordlicht und Erdmagnetismus; die erste, die Lage des Scheitels vom Nordlichtbogen im magnetischen Meridian, hatte wie bereits erwähnt schon **Halley** bemerkt. Die dritte Relation, nämlich der Einflufs, welchen das Nordlicht auf eine horizontal gestellte Magnetnadel ausübt, wurde auch noch zu **Halley's** Lebzeiten entdeckt, und zwar von **Olof Peter Hjorter**, Observator an der Sternwarte zu Upsala, der im Auftrag von **Celsius** den täglichen Gang der Magnetnadel verfolgte. Als er am 1. März 1741, zur Zeit da grade im Süden des Zeniths ein lebhaftes Nordlicht sichtbar war, seine Beobachtung machen wollte, fand er die Magnetnadel in solcher Unruhe, dafs er sich für berechtigt hielt die Ursache davon dem Nordlicht zuzuschreiben, und er sah diesen Schlufs bestätigt, als ihn **Celsius** versicherte, er habe schon mehrmals ähnliche Störungen beobachtet, aber noch nicht davon sprechen wollen. Kurze Zeit darauf am 5. April 1741 beobachtete auch **Graham** eine solche ungewöhnliche Störung im Gange der horizontalen Magnetnadel, aber, da es bei Tage war, konnte er natürlich nicht darauf verfallen sie einem Nordlicht zuzuschreiben.

---

[1]) Mém. de Paris 1747.

304. Endlich habe ich noch von der Ansicht zu sprechen, die **Halley** über die Herkunft der Feuerkugeln aufstellte; auch sie ist bemerkenswerth. Die meisten Physiker jener Zeit ließen diese Meteore aus salpetrigen und schwefligen Ausdünstungen der Erde entstehen, und **Wolf** in Halle meinte, sie wären von gleicher Natur mit dem Blitz; allein **Halley** erklärte sich entschieden gegen diese Ansicht.

Ein Meteor, welches am 31. Juli 1708 an mehreren Punkten in England beobachtet worden war, gab ihm zunächst Veranlassung sich über den Gegenstand auszusprechen, wobei er noch ein anderes in Betracht zog, welches am 21. März 1676 in Italien sichtbar war. Dasselbe kam von Dalmatien, flog quer über das Adriatische Meer und Italien, nahm seine Richtung nach Korsika, und zerplatzte auf dem Wege dahin mit furchtbarem Knall. Es war an mehreren Orten sorgfältig beobachtet worden, so daſs man wenigstens angenähert daraus seine Höhe über der Erdoberfläche berechnen konnte. Dabei hatte sich denn eine Höhe von 40—50 engl. Meilen herausgestellt, deren groſser Betrag, so wie andererseits die auſserordentliche Geschwindigkeit, mit welcher sich beide Meteore bewegten, **Halley** ganz unvereinbar schien mit einer Entstehung aus irdischen Dünsten, und er sprach daher die Ansicht aus: sie müſsten kosmischer Abkunft sein, aus dem Weltenraum stammen.

Durch diese im Ganzen wenig beachtete Ansicht hat **Halley** gewissermaſsen unserem Landsmann **Chladni** vorgegriffen, der später in einer kleinen Schrift: *Ueber den Ursprung der von Pallas gefundenen und anderen ähnlichen Eisenmassen, Leipzig 1794* mit überwiegenden Gründen darthat, was man lange vor- und nachher nicht hatte glauben wollen, daſs wirklich Stein- und Metallmassen zuweilen auf die Erde herabfallen, aus zerplatzenden Feuerkugeln herstammen, und uns von diesen aus dem Weltenraum zugeführt werden.

Merkwürdig ist von **Halley** auch noch in Bezug auf das italienische Meteor von 1676 der Nachweis, daſs es

sich der Erde grade entgegengesetzt bewegt habe, ein Umstand, den man neuerdings auch bei den Sternschnuppenschwärmen beobachtet hat, welche eine Reihe von Jahren hindurch im November erschienen sind. **Halley** veröffentlichte seine Ansicht in den Philos. Transact. für 1716, woraus sie übergegangen ist in die Philos. Transact. abridged VI, 99, 110.

Fortschritte der Physik von Newton's Zeit bis zum Ende des XVIII. Jahrhunderts.

Gestalt der Erde.

305. Durch das Studium der Centrifugalkraft waren **Huyghens** und **Newton** zu der Einsicht gelangt, daſs die Erde keine Kugel sein könne, sondern eine an den Polen abgeplattete Gestalt haben müsse. Beide hatten auch versucht, diese Gestalt näher zu bestimmen. **Huyghens**, noch unbekannt mit dem Gravitationsgesetz und dem zur Lösung dieser Aufgabe erforderlichen Kalkül, war in der Voraussetzung, daſs die Anziehungskraft der Erde allein ihren Sitz im Mittelpunkt der Erde habe, zu dem Resultat gelangt, daſs die Erdmeridiane die Gestalt zweier am Aequator sich schneidender paraboloïdischer Kurven des vierten Grades besäſsen, und zwischen dem Polar- und Aequatorialdurchmesser das Verhältniſs 577 : 578 stattfände.

Newton, in rein mathematischen Untersuchungen **Huyghens** bei Weitem überlegen, hatte, nachdem er das Gravitationsgesetz entdeckt, die Aufgabe weit naturgemäſser angegriffen. Indem er alle Theile der Erde als gegen einander gravitirend betrachtete, bewies er mit Hülfe eines weiter ausgebildeten Kalküls, daſs die Erdmeridiane, unter Voraussetzung einer überall gleichen Dichtigkeit der Erde, die Gestalt einer Ellipse haben müſsten, bei welcher Polar- und Aequatorialdurchmesser im Verhältniſs 229 : 230 ständen.

Die beiden auf so ganz verschiedenen Wegen gefundenen Verhältnisse 577 : 578 und 229 : 230 sind merk-

würdig, da später von **Maclaurin** gezeigt worden ist, dafs sie die Gränzwerthe sind, zwischen welchen das Verhältnifs der beiden Axen liegen mufs, wenn die Dichtigkeit der Erde von der Oberfläche nach dem Mittelpunkt hin zunimmt.

Huyghens veröffentlichte seine Untersuchung im J. 1690 im *Discours de la cause de la pesanteur*, wovon ein Theil gemeinschaftlich mit dem Traité de la lumière schon 1678 der pariser Akademie vorgelegt worden war; **Newton** gab die seine in den Philosphiae naturalis principia math., welche 1687 erschienen.

Seit jener Zeit bis zu Ende des XVII. Jahrhunderts, und noch lange darüber hinaus, war zur weiteren Lösung der schwierigen Aufgabe über die Gestalt der Erde so gut wie nichts geschehen, weder in experimenteller noch in mathematischer Hinsicht. Und doch war beides höchst wünschenswerth, denn **Newton**'s mathematische Untersuchungen hatten die Aufgabe keineswegs vollkommen gelöst, sondern nur den Weg zur Lösung eröffnet, und andererseits lagen an Beobachtungsergebnissen, welche die Richtigkeit der mathematischen Spekulation faktisch nachwiesen, bis dahin keine anderen Daten vor, als erstens die Analogie, welche sich aus der abgeplatteten Gestalt des Jupiters hernehmen liefs, und zweitens die von **Richer**, **Halley**, **Couplet**, **Varin**, **Deshayes** und Anderen in den Tropen-Regionen gemachten Pendelbeobachtungen, die aber weder zahlreich noch genau genug waren, um bei dieser Frage eine ganz entscheidende Stimme haben zu können.

Von den bis dahin angestellten Gradmessungen galt dasselbe, und sie konnten schon um deshalb nichts beweisen, da sie alle noch in der Voraussetzung einer vollkommenen Kugelgestalt der Erde unternommen worden waren.

Von theoretischer wie von experimenteller Seite war zur Lösung der Aufgabe noch viel zu thun übrig, ja man kann wohl sagen von experimenteller noch mehr als von theoretischer. Denn wenn auch die Theorie zeigen kann, dafs die Erde unter gewissen Voraussetzungen die Gestalt

eines abgeplatteten Umdrehungs-Sphäroids haben mufs, so ist sie doch andererseits für sich allein nicht im Stande anzugeben, wie grofs in Wirklichkeit die Abplattung ist, oder welches Verhältnifs zwischen den Axen des Sphäroids wirklich stattfindet. Dazu mufs die Theorie durch Messungen unterstützt werden, und an solchen Messungen fehlte es zu **Newton's** Zeiten und noch lange darüber hinaus ganz und gar; genaue Messungen waren demnach ein wahres Bedürfnifs.

Die letzte und auch genaueste Gradmessung im XVII. Jahrhundert war die von **Picard** im J. 1669 ausgeführte gewesen (§ 260). Indefs genügte sie keineswegs; denn einerseits hatte sie nur eine geringe Ausdehnung, von Malvoisine bis Amiens = 1° 22′ 58″, und andererseits waren ihre Resultate, obwohl sie **Newton** grofse Dienste geleistet hatten, nur durch eine zufällige Kompensation von Fehlern so leidlich genau, wie später von **Lacaille** erwiesen worden ist.

306. Ums J. 1671 fafste die pariser Akademie in Uebereinstimmung mit der Regierung den Entschlufs, eine Generalkarte von ganz Frankreich zu entwerfen, woran es bis dahin noch völlig gefehlt hatte. Man schickte eine beträchtliche Zahl von Geodäten in die Provinzen, um dieselben zu vermessen, allein nachdem dieselben einige Jahre operirt hatten, kam man zu der Ueberzeugung, dafs es, um Uebereinstimmung in diese partiellen Aufnahmen zu bringen, durchaus nothwendig sei, sie an eine gemeinschaftliche Basis knüpfen zu können. Dazu hielt **Picard** den von ihm gemessenen Gradbogen wegen seiner geringen Ausdehnung nicht für hinreichend, und machte daher bei dem Minister **Colbert** den Antrag, dafs ein Meridianbogen der Länge nach durch ganz Frankreich gemessen werde, und dieser Mäcen der Wissenschaft genehmigte auch den Plan ohne Weiteres, und beauftragte die Akademie der Wissenschaften mit dessen Ausführung.

Dem zufolge wurde 1680 Hand ans Werk gelegt. **Dom. Cassini** unterstützt von **Chazelles**, **Varin**, **Deshayes**

und **Sédileau** bekam den Auftrag von Paris aus nach Süden zu messen; **de la Hire**, unterstützt von **Pothenot** und **Lefèvre**, ebenso nach Norden zu verfahren. Der bald darauf im J. 1683 erfolgte Tod des Ministers **Colbert** brachte aber in diesem rasch angefangenen Unternehmen eine Unterbrechung von nicht weniger als 17 Jahren hervor; erst im J. 1700 wurde es wieder aufgenommen durch **Cassini** (nach dem Tode von **Dom. Cassini** 1712 trat dessen Sohn **Jacques** für ihn ein), **de la Hire** und **Maraldi**, und nach dem ursprünglichen Plan vollendet, aber erst im J. 1718.

Diese Gradmessung, die gröfseste und ohne Widerrede die genaueste, welche bis dahin ausgeführt worden, umfafste von

Paris	nach Dünkirchen	2° 45′ 50″
Paris	- Collioure an d. span. Gränze	6° 18′ 47″
		9° 4′ 37″,

also etwa $\frac{1}{10}$ des Erdquadranten.

Das merkwürdigste Resultat dieser Messung war die Ungleichheit der Länge eines Meridiangrades in den einzelnen Theilen des gemessenen Bogens, es betrug nämlich:

die Gradlänge im südlichen Theil	57097 T.
- - - nördlichen	-	56960 -
		137 T.

Man hatte also die nördlichen Grade kleiner als die südlichen gefunden, oder anders gesagt, die Krümmung des Meridians stärker nach Norden hin als nach Süden. Es hatten also die Messungen statt eines an den Polen abgeplatteten Sphäroids ein verlängertes für die Erde ergeben, so dafs diese also nicht die Gestalt einer Zwiebel, sondern die eines Eies haben würde.

Dieses Resultat erregte grofses Aufsehen, da es in offenem Widerspruch mit den Resultaten der Spekulationen von **Huyghens** und **Newton** stand. Jetzt erinnerte man sich, dafs ein Elsasser Namens **Eisenschmidt** bereits im J. 1691 in einer kleinen Schrift betitelt: *Diatribe de figura telluris elliptico-sphaeroide*, zu einem ähnlichen Resultate gelangt war, indem er die Gröfse der unter verschiedenen geo-

graphischen Breiten gemessenen Meridiangrade mit einander verglich. Er hatte nämlich für die Gradlänge erhalten aus

Eratosthenes,	Messung in	Aegypten,	63 000	Toisen
Riccioli,	- -	Italien,	62 560	-
Picard,	- -	Frankreich,	57 060	-
Snell,	- -	Holland,	55 021	-

also eine Abnahme der Grade von Süden nach Norden, wie in den einzelnen Theilen der letzten französischen Messung.

Anfänglich meinten **Cassini**, **Fontenelle** und andere Mitglieder der pariser Akademie, diese Abnahme der Grade von Süden nach Norden sei ganz in der Ordnung, und beweise die Abplattung der Erde an den Polen. Aber bald wurden sie ihren Irrthum gewahr, und nun sahen sie ein, daſs das Resultat ihrer Messungen gradeswegs der Newton'schen Theorie widersprach, ein verlängertes statt eines abgeplatteten Sphäroids ergeben hatte. Die französischen Akademiker nahmen daher keinen Anstand, die Newton'sche Theorie von der Gestalt der Erde geradezu für falsch zu erklären.

Das brachte denn nun, wie leicht zu erachten, in England eine groſse Aufregung zu Wege, die bald durch nationale Eifersucht erhöht den Ausbruch eines Federkrieges veranlaſste, welcher über 20 Jahre lang die gelehrte Welt in Spannung erhielt. Auf der einen Seite standen die vorzüglichsten Mathematiker Englands, ihren **Newton** vertheidigend, **Gregory**, **Keill**, **Maclaurin**, **Stirling** und Andere, denen sich auch die Deutschen **Hermann** und **Kraft** anschlossen; auf der anderen Seite, sich stützend auf ihre Messung, die französischen Akademiker **Cassini**, **de la Hire**, **Maraldi**, **Mairan**, der Geograph **d'Anville** und selbst der groſse **Joh. Bernoulli**.

Die Engländer, sonst immer die praktischen Leute, beschränkten sich merkwürdiger Weise in diesem Kriege ganz auf die Defensive und fochten nur mit den Waffen der Theorie, wahrscheinlich, weil sie **Newton's** Schlüsse

für keiner experimentellen Bestätigung bedürftig hielten. Die Franzosen waren dagegen sehr aktiv, und wenn sie auch dazu specielle Ursache hatten, so mufs man doch anerkennen, dafs ihre Thätigkeit und ihr Unternehmungsgeist aufserordentlich viel zur Lösung der Frage über die Gestalt der Erde beigetragen haben.

Mehrere Jahre vergingen in unfruchtbaren Diskussionen, bis man endlich französischerseits den Vorschlag machte, neue Messungen zu unternehmen, und auch ein Stück eines Parallelkreises oder eines Perpendikels auf dem Meridian zu messen. Der Vorschlag ward in den Jahren 1733 und 1734 unter **Cassini**'s Leitung ausgeführt. Man mafs senkrecht vom pariser Meridian ab einerseits westwärts, bis nach St. Malo dem äufsersten Punkt der Bretagne, und andererseits nach Osten bis Strafsburg. Dies Unternehmen, welches schon als erste Längengradmessung bemerkenswerth ist, gab wunderbar genug ein Resultat, welches mit der früheren Breitengradmessung ganz übereinstimmte, und wie diese der Erde eine längliche Gestalt ertheilte. Hierdurch bekamen die Franzosen natürlich neues Aufwasser; allein die Engländer liefsen sich nicht irre machen, sie fuhren fort die wohlbegründete Theorie **Newton**'s beharrlich zu vertheidigen, und warfen den Franzosen namentlich zweierlei vor:

1) Fehlerhaftigkeit ihrer Operationen, die allerdings zumal bei der Längengradmessung leicht nachzuweisen war.

2) Zu grofse Nähe der im Meridian gemessenen Grade. Sie sagten mit Recht zu ihren Gegnern, die Grade, welche ihr gewählt, liegen zu nahe aneinander, sind deshalb zu wenig verschieden, als dafs ihr durch eure nicht fehlerfreien Messungen entscheiden könntet, ob sie nach Norden oder nach Süden hin wachsen.

307. Um diese Einwürfe zu beseitigen, und überhaupt um den langen Krieg auf eine für die französische Nation ehrenvolle Weise zu beenden, fand sich endlich die pariser Akademie bewogen bei dem Grafen **Maurepas**, Minister Ludwig's XV., in Antrag zu bringen, dafs der Staat die

Kosten zu einer neuen Gradmessung hergebe, angestellt wo möglich unter dem Aequator selbst, wo die Grade, wie auch die Erde gestaltet sein möge, jedenfalls bedeutend von denen in Frankreich verschieden sein mufsten; kleiner nämlich, wenn die Engländer Recht haben sollten, gröfser dagegen, wenn es auf Seite der Franzosen liegen würde. **Maurepas** genehmigte den Antrag, und erwirkte auch von der spanischen Regierung die Erlaubnifs auf deren Gebiet die Messungen vornehmen zu dürfen.

An der Spitze dieser nach den Aequatorial-Regionen Amerikas bestimmten Expedition standen **La Condamine**, **Godin**, **Bouguer**, denen von Seiten der spanischen Regierung die beiden geschickten See-Officiere **Don Georg Juan** und **Don Antonio de Ulloa** beigegeben wurden; auch der Botaniker **Joseph de Jussieu** schlofs sich der Expedition an, welche mit allen damaligen Hülfsmitteln der Wissenschaft reichlich ausgerüstet ward. Am 16. Mai 1735 segelten die französischen Theilnehmer von La Rochelle ab, zunächst nach St. Domingo und von da nach Carthagena und Portobello. Nachdem sich hier die beiden spanischen Officiere angeschlossen hatten, reiste die Gesellschaft zu Lande über den Isthmus von Panama, ging hier wieder zu Schiffe und landete im März 1736 an der Küste von Peru, um in dem Hochthale von Quito zu beiden Seiten des Aequators die beabsichtigte Messung auszuführen.

Die fernere Geschichte dieser merkwürdigen Expedition bietet manche Schattenseiten dar. Unverhoffte Schwierigkeiten, welche das coupirte Terrain, das rauhe Klima der hohen Gebirgslandschaft und die Rohheit ihrer Bewohner den Operationen in den Weg legten; ferner Mangel an Uebung in astronomischen und geodätischen Messungen seitens der Akademiker, die darin erst während der Operation ihre Schule machten, und besonders eine bald zwischen ihnen ausbrechende Eifersucht und Uneinigkeit, bewirkten, dafs die Arbeiten aufserordentlich in die Länge gezogen wurden, dafs mehrere von ihnen drei- oder viermal wiederholt, ja endlich alle bis zum J. 1741 also in

den ersten fünf Jahren angestellten Operationen verworfen werden mufsten.

Zuletzt löste sich die Gesellschaft in voller Zwietracht auf, und die Mitglieder zerstreuten sich nach allen Himmelsgegenden. **Bouguer** entwich gewissermafsen aus Peru und eilte über Mexiko nach Paris, wo er 1744 eintraf, um **Condamine** in der Publikation der Resultate zuvorzukommen. **Condamine**, welcher gerade am anderen Ende der Operationslinie war und **Bouguer's** Abreise erst 6 Wochen hernach erfuhr, machte den Rückweg auf dem Amazonenstrom, den er seiner ganzen Länge nach sorgfältig aufnahm, und langte erst 1746 in Europa an.

Die beiden spanischen Officiere wandten sich nach Chili, welches von ihnen in mehrfacher Beziehung sehr gut untersucht wurde. Sie kehrten dann um Kap Horn nach der Heimath zurück, wo **Don Georg Juan** auch in der Mitte des J. 1746 ohne Abenteuer anlangte. **Don Antonio Ulloa** hatte aber das Schicksal von den Engländern, die grade mit Spanien im Kriege waren, unterwegs gefangen genommen zu werden. Er wurde nach London gebracht, aber sogleich, als man ihn erkannte, wieder auf freien Fufs gesetzt und höchst ehrenvoll behandelt. Man stellte ihm nicht nur alle seine Papiere wieder zu, sondern die königl. Gesellschaft erwählte ihn auch zu ihrem Mitglied.

Godin endlich blieb bis 1748 in Peru, wo er Zeuge des schrecklichen Erdbebens war, welches im J. 1746 die Städte Callao und Lima zerstörte. Er nahm seinen Rückweg über Tucuman, Paraguay und Buenos Ayres nach Spanien, wo er 1750 anlangte, und auch nach einem kurzen Aufenthalt in Frankreich sich niederliefs, indem er an der Seekadettenschule zu Cadix die Stelle eines Lehrers annahm. Er starb daselbst 1760 ohne eine Beschreibung seiner Reise herausgegeben zu haben. Desto mehr Schriften veröffentlichten **Bouguer** und **Condamine**, in denen sie einander mit grofser Heftigkeit befehdeten, und dadurch ihre Gradmessung leicht in gänzlichen Mifskredit hätten brin-

gen können, wenn nicht glücklicherweise die Vorwürfe, die sie einander machten, lauter Nebendinge und Kleinigkeiten betroffen, und zugleich an den Tag gelegt hätten, daſs beide bei ihren Beobachtungen mit gleicher Aufrichtigkeit und Wahrheitsliebe zu Werke gegangen waren.

Der endlich nach vielen Schwierigkeiten im J. 1743 gemessene Bogen erstreckte sich

von Cotchesqui . .	1°	25′	57″ N,
bis Mamo Tarqui .	1°	41′	7″ S,
also durch . . .	3°	7′	4″,

und hatte eine Länge von 176940 Toisen. Daraus berechnete nun die Gröſse eines Grades

Bouguer . .	56753 Toisen unter 0°,
Condamine .	49
Ulloa . . .	68.

Neuere Astronomen haben durch eine schärfere Berechnung der Beobachtungen, u. A. Berichtigung des Umstandes, daſs der gemessene Bogen nicht im Niveau des Meeres, sondern 1226 Toisen = 7356 Fuſs über dem Meere lag, welche Korrektion übrigens auch **Bouguer** angebracht hat, als Resultat erhalten

56731,7 Tois. [1])

Das war das Hauptresultat der berühmten Expedition de Perou, die trotz des ungünstigen Schicksals, welches über sie verhängt war, dennoch der Wissenschaft auch anderweitig reichliche Früchte brachte. Es währte indeſs etwas lange, ehe die Welt dieses Endresultat erfuhr. Acht Jahre hatten die Messungen gedauert, und nach Beendigung derselben verstrichen noch sechs Jahre, bis es vollständig publicirt wurde. Dies geschah in dem Werk: *La figure de la terre determinée par les observations de MM. Bouguer et de la Condamine, Paris 1749.*

308. Bei einem so langen Verzug wäre es den lebhaften Franzosen gewiſs nicht zu verargen gewesen, wenn sie zuletzt etwas ungeduldig geworden wären, allein ihr

---

[1]) Zach's Korresp. XXVI, 39.

Geduldfaden riſs schon viel früher. Bereits ein Jahr nach Abgang der peruanischen Expedition faſste man in der pariser Akademie, wo unterdeſs die Frage über die Gestalt der Erde vielfach diskutirt wurde, den Gedanken, sie durch eine hoch in Norden ausgeführte Gradmessung auf eine zweite Weise zur Entscheidung zu bringen, wozu **Celsius**, der damals in Paris war, die Veranlassung gab. Es war vorzüglich **Maupertuis**, der diesen Gedanken auffaſste, und es auch beim Minister **Maurepas** durchzusetzen wuſste, nicht allein, daſs er zur Ausführung gebracht, sondern auch, daſs ihm die Leitung der Expedition übertragen wurde. Letztere Begünstigung soll er dem Umstande verdanken, daſs er es verstand sich durch Gesang und Guitarrespiel bei dem Minister angenehm zu machen.

Diese Expedition beabsichtigte eine Gradmessung in den Ebenen Lapplands anzustellen. Sie bestand auſser ihrem Direktor **Maupertuis** aus den Akademikern **Clairault**, **Camus**, **Le Monnier**, und dem Korrespondenten **Outhier**, denen die schwedische Regierung, auf deren Gebiet die Operation ausgeführt werden sollte, noch den Professor **Celsius** aus Upsala beigesellte.

Die Expedition langte im Juli 1736 in Tornea an, überwinterte daselbst, und kehrte im Juni 1737 wieder nach Paris zurück. Sie ging also sehr rasch zu Werke, maſs aber dafür auch nur einen verhältniſsmäſsig kleinen Bogen, und selbst diesen, wie späterhin im J. 1801 durch **Melanderhjelm** erwiesen wurde, eben nicht mit sonderlicher Genauigkeit. Die Operation erstreckte sich vom

Berge Kittis . .	66°	48′	30″
bis zur Stadt Tornea . .	65°	51′	1,5″
Unterschied . .	0°	57′	28,5″.

Die Länge dieses Bogens, durch eine auf dem Eise der Tornea-Elf gemessene Standlinie bestimmt, war 55023 Toisen, woraus sich denn für die Länge des Meridiangrades unter 66° 20′ N. ergab 57437,0 Tois. Eine neuere schwedische Messung in den Jahren 1801 bis 1803 von **Svanberg**, **Öfverbom**, **Palander** und **Holmquist** unternom-

men ergab für 1° unter 66° 20′ 10″ N. 57196,16 Tois., also 240,84 T. weniger.

Maupertuis veröffentlichte das Resultat der lappländischen Expedition bereits im J. 1738 in einem kleinen Werk: *Sur la figure de la terre determinée par les observations de Mr. Maupertuis, Clairault, Camus, Le Monnier et Outhier. Amsterd. 1738,* also mindestens sechs Jahre früher als das Resultat der amerikanischen Messung bekannt wurde. Es widersprach schon für sich allein der Idee von einer verlängerten Erdgestalt auf das Entschiedenste, denn

der lappländische Grad betrug	57437,0 T.
der in Frankreich gemessene	57097,0 -
also Ueberschuſs	340,0 T.

Es wurde bestätigt durch eine in Pello unter 66° 3′ gemachte Pendelbeobachtung, bei welcher sich die Länge des Sekundenpendels um 0,6 Linien gröſser als in Paris ergab.

Natürlich erregte dieses Resultat in der pariser Akademie die gröſseste Sensation, namentlich bei **Jacq. Cassini** und dessen Anhängern, die sich dadurch in ihrer Meinung besiegt sahen. Es rief zunächst allerlei Spötteleien über diese Expedition und über eine von **Maupertuis** mitgebrachte Lappländerin hervor, wofür sich dieser in mehreren scharfen Gegenschriften an seinen Widersachern zu rächen suchte. Allein es gab auch Veranlassung, daſs man bald darauf nämlich im J. 1740, also auch noch vor dem Bekanntwerden des Resultats der amerikanischen Expedition, eine sehr skrupulöse Revision der französischen Gradmessung in ihrer ganzen Ausdehnung von Dünkirchen bis Perpignan durch **La Caille** und **Cassini de Thury**, den Enkel von **Domenico Cassini**, vornehmen lieſs. Man theilte den ganzen über 9 Breitengrade langen Meridianbogen in vier Stücke, und bestimmte für jedes die Länge eines Grades. So fand man denn

zwischen	Dünkirchen und Paris . .	57084 T.
-	Paris und Bourges . . .	71 -
-	Bourges und Rhodez . .	40 -
-	Rhodez und Perpignan . .	48 -

also mit Ausnahme des dritten Stücks eine Zunahme der Grade von Süd nach Nord, ganz wie es die Theorie verlangte und beweisend, dafs das frühere Resultat seinen Grund in Fehlern der Messung hatte. Als Gröfse des Grades für die Breite von 45° leitete man daraus ab 57023 Toisen.

309. Fafst man nun die Hauptdata zusammen, die man nach Beendigung der amerikanischen Expedition zur Beurtheilung der Gestalt der Erde in Händen hatte, so waren es folgende Werthe über die Gröfse eines Meridiangrades unter verschiedenen Breiten:

unter 66° 20′ N.	57437 Tois. (richtiger 57196)
45°	57023
0	56732
Unterschied	705 Tois.

Waren nun gleich diese Werthe noch nicht ganz richtig, so waren doch andererseits die Unterschiede derselben viel zu grofs, als dafs man sie allein von Beobachtungsfehlern ableiten konnte; man hatte also vollkommen Recht den Schlufs zu ziehen, dafs die Länge der Meridiangrade vom Aequator nach den Polen zunimmt, und dafs demnach die Erde ein an den Polen abgeplatteter, kugelähnlicher Körper sei.

So weit war also **Newton**'s Theorie auf das Glänzendste gerechtfertigt. Aber **Newton** hatte zugleich die Gestalt der Erde näher specificirt. Er hatte es ausgesprochen, sie sei ein Sphäroid, ein Körper entstanden durch Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe, und hatte das Verhältnifs der Axen dieser Ellipse angegeben. Ob dem wirklich so sei, ob die Axen des Umdrehungssphäroids wirklich im Verhältnifs 229 : 230 stehen, darüber konnten alle bis zum J. 1750 gemachten Messungen noch nicht entscheiden, obgleich diese Entscheidung grade den Messungen anheim fällt, da die Theorie die Gestalt der Erde nicht anders genau bestimmen kann, als wenn sie genau Kenntnifs von der Dichtigkeit der Erde und deren Vertheilung besitzt.

Durch alle so mühsamen, zeitraubenden und kostspieligen Unternehmungen war demnach bis zum J. 1750 die Frage über die Gestalt der Erde nur zur Hälfte, zur ersten leichteren Hälfte gelöst. Dessen ungeachtet sind diese Expeditionen für die Wissenschaft von groſsem Nutzen gewesen, denn durch sie ward die Bahn zu ferneren Unternehmungen gebrochen, und von Seiten des Staats ein glänzendes Beispiel liberaler Unterstützung wissenschaftlicher Zwecke aufgestellt. Um ganz den Werth der Gradmessungen zu schätzen, muſs man erwägen, daſs von ihnen her erst die Anfertigung richtiger Karten datirt, und die Vervollkommnung dieser wichtigen Hülfsmittel zur genaueren Länderkenntniſs immer Hand in Hand mit ihnen gegangen ist.

310. Seit der Zeit der amerikanischen Expedition sind im Laufe des XVIII. Jahrhunderts noch verschiedene Gradmessungen ausgeführt, die aber alle, etwa mit Ausnahme der von **La Caille** im J. 1751 am Kap der guten Hoffnung, von keinem groſsen Belang für die Frage über die Gestalt der Erde sind. Ich will sie daher übergehen, um nur noch von einer zu sprechen, die ein gröſseres Interesse hat, und sich auch den bisher erwähnten näher anschlieſst. Es ist die, welche der National-Konvent der französischen Republik im J. 1792 dekretirte; sie ist von den im Meridian vorgenommenen Gradmessungen die vierte in Frankreich.

Schon die äuſseren Umstände vereinigten sich dahin diese Messung zu einer der denkwürdigsten wissenschaftlichen Unternehmungen zu machen, die jemals ausgeführt worden sind. Denn sie wurde zu einer Zeit angefangen, wo Frankreich im Innern so eben erst die Gräuelscenen der Revolution überlebt hatte, wo keine festbegründete Regierung das Staatsruder lenkte, und wo es von auſsen her durch zahlreiche feindliche Heere mit einem Einbruch bedroht wurde, zu einer Zeit also, welche für wissenschaftliche Untersuchungen jeglicher Art die allerungünstigste zu sein schien.

Erstaunen wir schon über die Kühnheit, welche in einer so verhängnifsvollen Zeit den Plan zu solch einem Riesenwerk fafste, so werden wir noch mehr in Verwunderung gesetzt durch die Energie und das Talent, mit welchen das Werk in einer verhältnifsmäfsig sehr kurzen Zeit zu Ende geführt wurde. Unter allen in Europa ausgeführten Gradmessungen ist sie an Ausdehnung die bedeutendste, unter allen diesen diejenige, welche mit dem gröfsesten Aufwand an instrumentellen Hülfsmitteln und intellektuellen Kräften unternommen ward. Was ihr aber ganz besonders die Aufmerksamkeit des wissenschaftlichen Europas zuwandte, das war die damit verknüpfte Idee durch sie zugleich für Mafs und Gewicht unveränderliche in der Natur vorhandene Gröfsen zu erlangen, welche unter jeglichen Verhältnissen wieder aufzufinden seien, und nur mit der Erde selbst untergehen könnten.

Es war diese Idee es eigentlich, welche das ganze Unternehmen hervorrief und welche, obwohl nicht neu, doch hier zuerst systematisch und im Grofsen verwirklicht wurde. Ihre Ausführung hat in der Folge auf die Regulirung der Mafse und Gewichte in allen civilisirten Staaten Europas den wohlthätigsten Einflufs ausgeübt. Und wenn man auch späterhin mit einfacheren Mitteln eine gleiche und vielleicht gröfsere Genauigkeit in diesen Bestimmungen erreicht hat, so darf man doch nicht vergessen, dafs es unsere überrheinischen Nachbaren waren, welche hier wie in so manchen anderen Reformen mit der That vorangingen.

Das grofse Werk wurde im J. 1792 begonnen, und zunächst bis zum J. 1799 fortgesetzt. In dieser Zeit wurden die Messungen ausgedehnt

von Dünkirchen	51° 2′ 10,7″
bis zum Thurm der Veste Monjouy bei Barcelona	41° 21′ 44,8″
Länge	9° 40′ 25,9″.

Die nördliche gröfsere Hälfte von Rhodez bis Dünkirchen wurde unter **Delambre's** Leitung gemessen, die

südliche kleinere unter der von **Méchain**. Als Grundlage dienten die Messungen zweier Standlinien,

die eine bei Melun = 6075,9 Tois.
die andere bei Perpignan = 6006,25 -

Diese Messungen geschahen mit 12 Fuſs langen Platinstangen, welche der Astronom **Borda** so eingerichtet hatte, daſs sie bei 12,5° Cels. genau zwei der eisernen Toisen faſsten, die zur Gradmessung in Peru gedient hatten, Toise de Perou, und die er überdies mit einem sehr sinnreichen Mechanismus versehen hatte, um ihre Ausdehnung durch die Wärme nicht allein zu finden, sondern auch zu berichtigen. Diese Stangen nannte man Modules.

Als nun an diese Standlinien die übrigen Punkte des Bogens durch eine Triangulation angeschlossen wurden, ergab sich:

			Mittlere Breite
I.	von Dünkürchen .	51° 2′ 10,5″	49° 56′ 30″
	bis Paris (Pantheon)	48 50 49,7	
		2° 11′ 20,8″	
II.	von Paris	48° 50′ 49,7″	47° 30′ 46″
	bis Evaux . . .	46 10 42,5	
		2° 40′ 7,2″	
III.	von Evaux . . .	46° 10′ 42,5″	44° 41′ 48″
	bis Carcassonne . .	43 12 54,4	
		2° 57′ 48,1″	
IV.	von Carcassonne .	43° 12′ 54,4″	42° 17′ 20″
	bis Monjouy . . .	41 21 44,8	
		1° 51′ 9,6″	

Die Länge betrug bei I 62472,9 Modules
II 76145,74 -
III 84424,55 -
IV 52749,48 -

Hierauf berechnete man die Gröſse der Grade für die einzelnen Stücke und fand,

1) daſs sie zwischen den mittleren Breiten I und II von Nord nach Süd regelmäſsig abnehmen, und zwar langsam um 4 Toisen für jeden Grad;

2) dafs sie auch zwischen den Breiten II und III von Nord nach Süd abnehmen, aber viel rascher, nämlich 30 Toisen für jeden Grad;

3) dafs sie endlich auch noch zwischen den Breiten III und IV von Nord nach Süd, aber wiederum viel langsamer, nur 14 Toisen für den Grad abnehmen.

311. Auch bei dieser mit so genauen Instrumenten und mit so vieler Sorgfalt ausgeführten Operation zeigte sich demnach eine Anomalie in dem gemessenen Meridianbogen, zwar nicht wie früher in dem Sinn, dafs dadurch der Abplattung der Erde widersprochen wurde, indem die Grade überall von Süd nach Nord zunahmen, aber doch so, dafs eine Unregelmäfsigkeit in der Gestaltung dieses Meridianbogens klar daraus hervorging. Es war das erste Mal, dafs eine solche Unregelmäfsigkeit mit Sicherheit war nachgewiesen worden.

Dieser Umstand machte nun der mit dem neuen Mafs und Gewicht beauftragten Kommission grofse Sorge, denn in dem vor Beginn der Gradmessung im J. 1791 erlassenen Dekret war festgesetzt worden, dafs ein Zehnmilliontel des Erdquadranten das Grundmafs sein soll. Diese von **Laplace** herrührende Bestimmung ist bezeichnend für den Stand der damaligen Kenntnifs von der Erdgestalt, denn sie setzt offenbar voraus, dafs die Erde ein ganz regelmäfsiges Sphäroid sei, und ein Meridian genau die Gestalt irgend eines anderen habe. Allein schon **Bouguer**, der zu seiner Zeit doch nicht mehr als drei verschiedene Grade mit einander vergleichen konnte, fand, dafs die Erdmeridiane unter sich nicht gleich sind [1]).

Die Voraussetzung der Gleichheit der Meridiane war jetzt auf das Bestimmteste widerlegt, und wie sollte nun die gesetzliche Forderung erfüllt werden, die sich sichtlich auf ein falsches Princip stützte? Nach mehreren Debatten entschlofs man sich den ganzen Bogen von 9°,6738

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. IV, 339.

oder in Länge von 275 792,36 Doppel-Toisen zu nehmen, und aus ihm kombinirt mit dem Resultat der Messung in Peru die Gröfse des Erdquadranten herzuleiten. Dies geschah, und so fand man für den nördlichen Erdquadranten, der aber genau genommen weder der durch Frankreich noch der durch Peru gehende war, sondern ein unbestimmtes Mittel:

5 130 738,62 Toisen.

Das Zehnmilliontel dieses Quadranten betrachtete die Kommission als das von der Natur an die Hand gegebene Urmafs, und belegte es nach der im J. 1795 vom Deputirten **Prieur** vorgeschlagenen Nomenklatur mit dem Namen Meter. Nach der alten eisernen Toise de Perou enthielt das Meter 443,295 8 alte par. Linien, wofür man

443,296 - - -

als Mètre définitif nahm, wohl verstanden, die eiserne Toise bei 13° R. = $16\frac{1}{4}$° C. und das Platinmeter bei 0° gedacht. Ein solches Platin-Meter wurde am 23. Juni 1799 im National-Archiv niedergelegt.

So sinnreich diese Festsetzung des Grundmafses auch ist, so viel Aufsehen sie mit Recht zu ihrer Zeit gemacht hat und, was nicht geläugnet werden kann, so viel Einflufs sie auch auf andere Mafs- und Gewichtsbestimmungen ausgeübt hat, so mufs man doch gegenwärtig leider bekennen, dafs dieser Zweck der grofsen Gradmessung eigentlich ganz verfehlt ist. Schon diese Messung selbst gab den Beweis, dafs die Erde kein ganz regelmäfsiges Sphäroid ist, oder dafs man nicht hoffen dürfe einen Erdquadranten genau dem anderen ganz gleich zu finden, und das trat kurz nach Beendigung der französischen Gradmessung in noch stärkerem Mafse hervor.

Denn während die Franzosen ihre grofse Operation ausführten und eigentlich noch früher, begannen 1783 unter **William Roy** und **Dalby** auch die Engländer auf ihrer Insel eine ähnliche Messung zu unternehmen, die aber erst im J. 1803 unter General **Mudge** beendigt wurde. Sie hatte nur eine geringe Ausdehnung, und erstreckte sich

von Clifton, Yorkshire . .	53° 27′ 31,59″	
bis Dunnose auf Wight . .	50 37 8,21	
also durch	2° 50′ 23,38″,	

nicht volle drei Grade, war aber mit äufserster Sorgfalt ausgeführt.

Hierbei zeigte sich nun die Merkwürdigkeit, dafs von den drei Graden der nördlichere stets kleiner war als der südlichere, ganz entgegen der Newton'schen Theorie. Offenbar ist auch dieses Resultat, bei dem man von Glück sagen kann, dafs es nicht früher entdeckt wurde, da es sonst viel Unheil angerichtet hätte, nur eine lokale Anomalie in der Gestalt der Erde, und beweist, was später in mehreren Gegenden aufs Klarste erwiesen ist, dafs die Erde kein strenges, mathematisches Umdrehungs-Sphäroid darstellt.

Es war bei den Franzosen ein rein willkührlicher Schritt, dafs sie ihre letzte Gradmessung mit der peruanischen verknüpften, und somit eine Abplattung des Erdsphäroids $= \frac{1}{334}$ herausrechneten. Hätten sie irgend eine andere Kombination gemacht, z. B. die französische mit der lappländischen vereinigt, so würden sie auch eine andere Abplattung, und folglich einen anderen Werth für die Gröfse des Erdquadranten gefunden haben.

Wenn die Erde ein ganz regelmäfsiges Sphäroid wäre, so würden zwei Meridiangrade unter verschiedenen Breiten gemessen hinreichend sein das Axenverhältnifs $\frac{r}{R}$, und somit die Abplattung $\frac{R-r}{R}$ dieses Sphäroids zu bestimmen, unter r die halbe Axe und R den Aequatorradius verstanden. Seitdem man aber erkannt, dafs die Erde kein ganz regelmäfsiges Sphäroid ist, vielmehr eine Menge kleiner Abweichungen darbietet, ist man auch zu der Einsicht gelangt, dafs eine solche Rechnung nicht ausreicht, dafs man im Gegentheil alle zuverlässigen Gradmessungen, soviel ihrer da sind, zusammen nehmen und nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnen mufs.

Man findet somit zwar nicht die wahre Gestalt der Erde, aber wohl das wahrscheinlichste Sphäroid, welches der Gesammtheit der Beobachtungen und Messungen am besten entspricht. Eine solche Rechnung ist zuerst im J. 1819 von dem 1822 verstorbenen Dr. **Walbeck** in der *Dissert. de forma et magnitudine telluris, Aboae 1819* ausgeführt, nach den zuverlässigsten bis dahin bekannten Gradmessungen. Später ist dieselbe vom Dr. **J. K. E. Schmidt** (gest. 1832 als Professor der Mathematik und Physik zu Tübingen) in Band I seines schätzbaren *Lehrb. d. mathemat. u. phys. Geographie, 2 Bde., Gött. 1829* im erweiterten Maſse vorgenommen, und endlich hat sich unser berühmter **Bessel**[1]) zweimal mit derselben befaſst und gefunden $\frac{R}{r} = \frac{299}{298}$. Aus dieser letzten Rechnung geht hervor, daſs der Erdquadrant, der nach der ursprünglichen Absicht 10000000 Meter enthalten sollte, in der That nach sämmtlichen bisherigen Gradmessungen den wahrscheinlichsten Werth 10000855,76 ± 498,23 Meter hat.

Man sieht daraus, daſs das Meter gegen seine Definition zu klein ist, und daſs die Absicht, welche man bei seiner Schaffung im Auge hatte, in der That eine verfehlte ist. Das Meter ist, wie **Bessel** sich ausdrückt, ein nach einer gewissen Absicht gewählter aber dennoch innerhalb engerer oder weiterer Gränzen willkührlicher Theil der Toise de Perou.

Das Meter hat rücksichtlich seiner Länge nichts vor jedem anderen wohlbestimmten Maſse voraus, was ihm aber besonders zu wissenschaftlichen Arbeiten einen Vorsprung vor den meisten übrigen giebt, ist 1) das bei seinen Unterabtheilungen befolgte Decimalsystem, und 2) die einfache Verknüpfung des Maſses mit dem Gewicht durch die Bestimmung, daſs 1 Kubikcentimeter Wasser = 1 Gramm, und dieses die Gewichtseinheit sein soll. Dabei hat man leider die unnöthige Komplikation eintreten lassen, daſs

[1]) Poggendorff, Ann. LV, 529.

das Wasser die Temperatur seiner gröfsesten Dichte 4° C. haben soll, die ebenso unpraktisch ist, als die Bestimmung, dafs das Meter auf 0° versetzt werden mufs, um seine richtige Länge zu besitzen. Ein Gramm = 1 Kubikcentimeter von Platin bei 0° gefüllt mit Wasser von 4° C.! 3) Ein dritter Vorzug besteht darin, dafs damit seit seiner Existenz so viele und wichtige Messungen gemacht sind; je mehr mit einem Mafse gemessen wird, desto höher steigt sein Werth. Allein dieser Vorzug würde bei jedem Mafse und Gewicht möglich, und dann immer ein bedeutender sein.

Das natürliche Urmafs und das Meter.

312. Einige leidenschaftliche Alterthumsfreunde, die gern alle Erfindungen der neuen Zeit in einer grauen Vorwelt finden möchten, haben auch gesucht die Idee eines natürlichen Grundmafses den Alten zu vindiciren. So sagt ein gewisser **Pauctou** (1732—1798), Prof. der Mathematik in Strafsburg, zuletzt Beamter im Cataster-Büreau zu Paris, in seiner *Métrologie ou Traité de mesures, Paris 1780, p. 102*, die Aegypter hätten ein solches Naturmafs besessen. Die Seite der Basis der grofsen Pyramide 500 mal genommen sei genau gleich einem Grad, wie ihn die Neueren bestimmt hätten. Allein die Ingenieure der französischen Expedition von 1798 fanden die Seite der Pyramide = 716,5 Fufs, welches 500 mal genommen den Grad um 2700 Toisen oder 16200 Fufs zu grofs giebt. Auch **Jean Sylvain Bailly** trägt in seiner *Hist. de l'astronomie moderne, Paris 1778, Bd. I, p. 156* die unhaltbare Meinung vor!

Der erste, welcher die Idee hatte den künstlichen Mafsen eine natürliche Grundlage zu geben, ist wohl **Gabriel Mouton** (1618—1694, geb. und gest. zu Lyon), Vikar an der Paulskirche zu Lyon. Derselbe schlug in einem 1670 zu Lyon erschienenen Werke: *Observationes diametrorum solis et lunae apparentium, p. 427* als Grundmafs vor die Minute eines Meridiangrades, etwa ¼ Meile; er nannte es

Mille und wollte es nach dem Decimalsystem getheilt wissen in Centuria, Decuria, Virga, Virgula, Decima, Centesima und Millesima oder Stadium, Funiculus, Virga, Virgula, Digitus, Granum, Punctum.

Nach **Mouton**, der seine Idee zu einer Zeit aussprach, wo man die Erde noch für eine Kugel hielt, trat **Huyghens** auf, der in seinem Horologium oscillat. von 1673 den bei Weitem vorzüglicheren Vorschlag machte, den dritten Theil der Länge des Sekundenpendels als pes horarius zum Grundmaſs zu nehmen. Dieser Vorschlag fand aber wenig Beifall, ebenso wenig wie der spätere von **Condamine** die Pendellänge unter dem Aequator als Maſseinheit zu setzen. **Jacq. Cassini** glaubte es sei besser $\frac{1}{6000}$ der Minute des Erdumfanges zum geometrischen Fuſs zu nehmen, oder $\frac{1}{10000000}$ des Erdhalbmessers als Elle, Brasse, von 2 solchen Fuſsen anzusehen. Danach würde der Grad = 60000 Toisen à 6 geometr. Fuſs sein. Er machte diesen Vorschlag in seinem Buch *Traité de la grandeur et de la figure de la terre, Paris 1720, p. 158,* welches er nach der 1718 erfolgten Beendigung der zweiten Gradmessung herausgab.

Allein auch dieser Vorschlag blieb unbeachtet. Unterdeſs waren die Nachtheile einer groſsen Verschiedenartigkeit der in Frankreich üblichen Maſse immer fühlbarer geworden, und als gegen Ausbruch der französischen Revolution der Drang zu Neuerungen in allen Dingen immer lebhafter auftrat, machten einige Personen ums J. 1788 den Vorschlag, auch mit den Maſsen und Gewichten eine radikale Umformung vorzunehmen.

Das hatte denn zur Folge, daſs der bekannte Talleyrand im J. 1790 in der National-Versammlung (Assemblée constituante) den Antrag machte, die Versammlung möge dem König die Bitte vorlegen, den König von England zu ersuchen, zu einer solchen allgemeinen Maſsreform mitzuwirken und Kommissare abzuordnen, die in Gemeinschaft mit den französischen sich mit Bestimmung der Normal-Einheit beschäftigen möchten, hergeleitet aus der

Pendellänge unter 45° nördl. Br. oder irgend einer anderen Breite.

Es wurde eine Kommission der Akademie ernannt diesen Vorschlag zu prüfen, bestehend aus fünf der ausgezeichneten Mathematiker, an denen Frankreich um jene Zeit so wunderbar reich war, nämlich **Borda**, **Lagrange**, **Laplace**, **Monge** und **Condorcet**. Am 19. März 1791 stattete diese Kommission ihren Bericht ab. Er ist merkwürdig wegen der Gründe, welche diese berühmten Männer zur Rechtfertigung ihres endlichen Beschlusses anführen. Als Elemente, welche zur Festsetzung eines Normalmafses dienen können, nennen sie drei: 1) die Länge des Sekundenpendels; 2) den Quadranten des Erdäquators; 3) den Quadranten eines Erdmeridians.

Die Länge des Sekundenpendels verwarfen sie hauptsächlich aus dem Grunde, weil deren Bestimmung ein heterogenes Element, nämlich die Zeit, einschliefse. Den Quadranten des Aequators fanden sie nicht passend, weil es erstlich nicht gewifs sei, dafs der Aequator genau einen Kreis darstelle, weil ferner seine Messung grofse Schwierigkeit habe, und weil endlich der Aequator nur wenigen Nationen in unwirthbaren Gegenden von Afrika und Amerika angehöre. Unter diesen Umständen entschieden sie sich für einen Quadranten des Erdmeridians, und riethen zur genauen Festsetzung desselben eine neue Gradmessung vorzunehmen, und zwar ohne Mitwirkung einer fremden Nation, aus dem etwas eitel klingenden Grunde, damit man in Zukunft wisse, welcher Nation man die Idee und die Ausführung der Bestimmung eines natürlichen Grundmafses verdanke.

Trotz dieses Beschlusses rieth die Kommission auch die Länge des Sekundenpendels zu bestimmen, und sie mit dem festgesetzten Grundmafs dem Zehnmilliontel des Erdquadranten zu vergleichen. Das geschah denn auch, und zwar noch früher als die Gradmessung unternommen ward, am 15. Juni 1792 durch **Borda** und **Cassini**, und

durch diese, anfangs nur als beiläufige Verifikation angesehene Messung ist eigentlich das Metermafs wahrhaft festgesetzt worden, obwohl es zu derselben keine einfache Relation besitzt.

Das grofse Experiment, welches die Franzosen in den Jahren 1792 bis 1799 ausführten, hat nur den klaren Beweis geliefert, dafs die Idee von **Huyghens** den einfachsten und sichersten Weg zur Bestimmung fester Mafse darbietet, und das ist auch seitdem so allgemein anerkannt, dafs alle civilisirten Nationen, die nicht gradezu das französische Mafs angenommen, ihre Mafse auf diese Weise fixirt und regulirt haben.

Zum Schlusse dieses Artikels mufs ich übrigens noch anführen, dafs die im J. 1799 beendete Gradmessung auf den Beschlufs des National-Instituts im J. 1806 noch weiter nach Süden ausgedehnt wurde, um wo möglich, was schon **Méchain** wünschte, die Mitte des gemessenen Bogens auf den 45sten Breitengrad zu bringen. **Biot** und **Arago** übernahmen dies bedeutende Werk, und führten es auch trotz grofser Hindernisse und mehrmaliger Lebensgefahr glücklich ans Ziel. Durch diese Arbeit ist die Messung bis zur Insel Formentera ausgedehnt, so dafs sie sich also im Ganzen erstreckt

von Dünkirchen	51° 2′ 9,55″
bis Formentera	38° 39′ 56,16″
	12° 22′ 13,39″.

Der ganze Bogen hat eine Länge von 705 188,8 Toisen, und seine Mitte fällt auf 44° 51′ 2,8″. Durch diese Fortsetzung ist die französische Gradmessung die gröfseste in Europa, nur übertroffen von der, welche die Engländer vom J. 1802 an in Ostindien ausführten

von Kullianpoor	24° 7′ 11″
bis Punna	8° 9′ 31″
folglich die Länge	15° 57′ 40″.

313. In dem Bisherigen habe ich eine Uebersicht gegeben von dem im Laufe des XVIII. Jahrhunderts ausgeführten experimentellen Untersuchungen zur Bestimmung

der Erdgestalt. Es bleibt mir nun noch übrig einige Worte zu sagen über die theoretischen Arbeiten der Mathematiker, die eine nothwendige Ergänzung zu den Messungen bilden, und in Verein mit ihnen erst eine wissenschaftliche Lösung der Aufgabe herbeiführen können. Der Natur der Sache nach muſs ich mich auf wenige Data beschränken, da eine ausführlichere Erörterung der schwierigen Untersuchungen vor das Forum einer Geschichte der Mathematik gehört.

Die Aufgabe, welche durch die Frage nach der Gestalt der Erde hervorgerufen worden ist, besteht darin, welche Gestalt nimmt eine flüssige Masse bei Rotation um ihre Axe an, wenn sie zugleich der Schwerkraft und der Centrifugalkraft unterworfen ist. Die erste Vereinfachung, die man sich dabei erlaubte, war die Voraussetzung, daſs die Dichtigkeit der Masse überall dieselbe sei, und die Schwerkraft allein ihren Sitz im Mittelpunkt habe. In diesem Sinne faſste **Huyghens** die Aufgabe, und kam zu dem Resultat, ohne die Gestalt richtig bestimmen zu können, daſs die Abplattung $\frac{1}{578}$ sein müsse.

Ihm folgte **Jakob Hermann** aus Basel, geb. 1678, gest. 1733 zu Basel, ein ausgezeichneter Mathematiker. In seiner *Phoronomia*, *Amstel. 1716*, einem für die Zeit vortrefflichen Werke, entwickelte er nicht nur, daſs man immer auf diese Abplattung $\frac{1}{578}$ komme, nach welcher Potenz, oder allgemein nach welcher Funktion des Abstandes vom Mittelpunkt man auch die Schwerkraft gegen die Oberfläche hin abnehmen lasse, sobald nur, wie auf der Erde der Fall ist, die Centrifugalkraft klein sei gegen die Schwerkraft, sondern daſs auch unter dieser Voraussetzung die Meridiane wirklich Ellipsen seien.

Unterdeſs hatte **Newton** die Aufgabe unter dem naturgemäſseren Gesichtspunkt aufgefaſst, daſs nicht bloſs der Mittelpunkt auf die übrigen Theile anziehend wirke, sondern daſs alle Theile gegen einander gravitiren, und indem er diesem Gesichtspunkt weiter nachging, fand er auf eine indirekte Weise für die Gestalt der Masse ein abgeplattetes Sphäroid von dem Axenverhältniſs 230 : 231. Nach **Newton**

beschäftigte sich zunächst mit diesem Problem **James Stirling**, ein schottischer Mathematiker, und publicirte darüber die Abhandlung: *On the figure of the earth* in den Philos. Transact. 1735, worin er einige sehr hübsche Sätze hinzufügte, ohne die Lösung indeſs wesentlich zu erweitern.

Vom dritten Decennium des vorigen Jahrhunderts bekamen dann die Untersuchungen einen höheren Aufschwung, zunächst durch **Maclaurin** in: A complete system of fluxions 1742 — **Clairault:** Théorie de la figure de la terre 1743 — **d'Alembert:** Recherches sur différents points importants du système du monde 1754 — **Euler** in den Mém. de Berlin — **Dan. Bernoulli** in den Mém. de Pétersbourg — **Legendre** und **La Place** in den Mém. de Paris 1772 und 1784.

Durch die tiefen und umfassenden Untersuchungen dieser Mathematiker, deren Auseinandersetzung hier nicht mein Gegenstand sein kann, ist das Problem so in die Höhe geschraubt, daſs man glauben sollte, es würde nichts mehr zu erforschen übrig lassen, wenn nicht noch die Untersuchungen, welche **Jacobi** und **Poisson** vor wenigen Jahren geliefert haben, gezeigt hätten, daſs das Problem vom Gleichgewicht einer rotirenden flüssigen Masse von mathematischem Gesichtspunkt aus ein gleichsam unerschöpfliches ist. Ein groſser Theil dieser Untersuchungen hat ein rein mathematisches Interesse, da den Rechnungen Voraussetzungen über die Dichtigkeit der Erde zu Grunde gelegt wurden, und nicht anders zu Grunde gelegt werden konnten, die wir zu verificiren auſser Stande sind.

Es giebt aber auch einige theoretische Resultate, die von groſser Wichtigkeit für die experimentellen Untersuchungen, und überhaupt für die Frage über die Gestalt der Erde sind. Dahin gehört zunächst der von **Maclaurin** aufgefundene Satz, daſs wenn die Dichtigkeit der Erde von der Oberfläche nach dem Mittelpunkt zunimmt, die Abplattung (α) sein muſs

$$\tfrac{5}{4}\frac{f}{g_0} > \alpha > \tfrac{2}{5}\cdot\tfrac{5}{4}\frac{f}{g_0} = \frac{1}{2}\frac{f}{g_0},$$

wenn f die Centrifugalkraft und g_0 die Beschleunignng durch die Schwere am Aequator bedeutet, und da $\frac{f}{g_0} = \frac{1}{289}$, so wird $\frac{5}{4} \cdot \frac{1}{289} = \frac{1}{231} > \alpha > \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{289} = \frac{1}{576}$.

Nach **Bessel's** Rechnung ist nun die wahrscheinlichste Abplattung

$$\frac{R - r}{R} = \frac{1}{299{,}1528},$$

also in der That zwischen beiden Werthen, und somit geht daraus bestimmt hervor, daſs die Dichtigkeit der Erde von der Oberfläche nach dem Mittelpunkt zunimmt.

Noch wichtiger ist der berühmte Satz, der nach seinem Urheber der Clairault'sche genannt wird,

$$\frac{g_{90} - g_0}{g_0} + \alpha = \frac{5}{2} \frac{f}{g_0},$$

oder allgemein

$$g_\varphi = g_0 \left[1 + \sin^2 \varphi \left(\frac{5}{2} \frac{f}{g_0} - \alpha\right)\right].$$

Dieser Satz gilt bei kugelähnlichen Sphäroiden, wie es die Erde ist, für jedes Gesetz ihrer inneren Dichtigkeit, und er ist darum so wichtig, weil er bis jetzt das einzige Mittel darbietet, um aus beobachteten Pendellängen die Gestalt der Erde zu finden, falls diese Gestalt ein Sphäroid ist. **Clairault** entwickelte diese Formel zuerst in den Philos. Transact. für 1738, und später ausführlicher in seinem schon oben genannten berühmten und noch jetzt sehr lesenswerthen Werke: *Théorie de la figure de la terre, Paris 1743*, pag. 305.

Rechnet man zu diesen Sätzen noch eine Formel, die **Maupertuis** in seinem Werke *Sur la figure de la terre etc. Amsterd. 1738* gegeben hat, um aus zwei gemessenen Breitengraden die Abplattung eines Sphäroids zu finden, so hat man eigentlich alles, was aus den Untersuchungen der Mathematiker des XVIII. Jahrhunderts an brauchbaren Resultaten zur experimentellen Bestimmung der Erdgestalt hervorgegangen ist, womit indeſs keineswegs gesagt sein soll, daſs die rein theoretischen Untersuchungen und Resultate überflüssig wären.

Cassini.

314. Am Schlufs dieses Abschnittes möge nun noch der Lebensverhältnisse derjenigen Männer gedacht werden, welche im Laufe des XVIII. Jahrhunderts bei der Untersuchung über die Erdgestalt von hervorragender Bedeutung waren.

Jacques Cassini, der jüngste Sohn des berühmten **Domenico Cassini** ward am 18. Februar 1677 zu Paris geboren (§ 244). Nach einer sorgfältigen Erziehung im väterlichen Hause machte er seine Studien im Collège de Mazarin zu Paris unter dem berühmten Mathematiker **Varignon**, und entwickelte sich so schnell, dafs er bereits im 15. Jahr eine mathematische Thesis schrieb, und im 17., im J. 1694, zum Mitglied der Akademie erwählt wurde. Im folgenden Jahr machte er mit seinem Vater eine Reise nach Italien, um den von diesem in der Kirche des heil. Petronius zu Bologna gezogenen Meridian zu verificiren, und die geographische Breite mehrerer Städte zu bestimmen. Dann machte er eine Reise nach Holland, wo er ebenfalls mehrere Ortsbestimmungen vornahm, und einige Fehler in der von **Snell** ausgeführten Gradmessung entdeckte. Von Holland ging er nach England, wo er mit **Newton, Halley, Flamstead, Gregory** und anderen Gelehrten bekannt wurde.

Als im J. 1712 der Vater starb, wurde er an dessen Stelle Astronom an der pariser Sternwarte, und war als solcher bis an sein Ende sehr thätig. In der Zahl der Abhandlungen, die er über astronomische Gegenstände schrieb, übertraf er sogar seinen Vater, denn während dieser 165 verfafste, lieferte er für die Mém. de Paris sogar 172, aber freilich enthält deren keine auch nur eine so wichtige Entdeckung, wie sich deren mehrere unter des Vaters Arbeiten befinden. Aufserdem schrieb er mehrere Abhandlungen physikalischen Inhalts, namentlich über die Zusammendrückung der Luft, über das Licht beim Reiben der Körper, den Einflufs des Windes auf das Thermometer, Anfertigung metallener und gläserner Hohlspiegel, das Auskochen des Barometers u. a. m.

Cassini dirigirte nicht allein nach seines Vaters Tode die im J. 1718 beendigte Meridianmessung, sondern auch die im J. 1735 ausgeführte Längengradmessung von Strafsburg nach Brest, und veröffentlichte über die erstere den *Traité de la grandeur et de la figure de la terre, Paris 1720.*

Er erreichte wie sein Vater ein hohes Alter und würde vielleicht ebenso lange wie dieser gelebt haben, wenn ihn nicht auf der Strafse das Unglück getroffen hätte, übergefahren zu werden, in Folge dessen er am 15. April 1756 zu Paris starb. Sein Sohn

César François Cassini, geb. 1714 zu Paris, trat in die Fufstapfen des Vaters und Grofsvaters, und wird gewöhnlich zur Unterscheidung von ihnen **Cassini de Thury** genannt, nach Thury dem Landgute seines Vaters. Sein Name hat sich zunächst erhalten durch die Revision, die er gemeinschaftlich mit **La Caille** an dem in Frankreich von 1700 bis 1718 gemessenen Meridian vornahm, und deren Resultate in den Mém. de Paris von 1744 veröffentlicht sind. Noch bekannter ist er durch die Generalkarte von Frankreich geworden, zu der er auf Befehl Ludwig's XV. im J. 1750 die topographischen Vermessungen mit einer jährlichen Bewilligung von 40000 Frcs. begann, hierauf von 1756 an, da der Staat nichts mehr beizutragen vermochte, sie mit Hülfe einer Aktien-Gesellschaft weiter führte, und bis zu seinem Tode fortsetzte, ohne sie ganz vollendet zu haben.

Dieses Unternehmen, in solcher Gröfse das erste seiner Art, verschaffte ihm einen so grofsen Ruf, dafs ihn der Kaiser Franz I. im J. 1760 nach Wien einlud, um für seine Staaten ein ähnliches vorzubereiten. Auch gab es Veranlassung, dafs die Engländer ebenfalls eine Vermessung in ihrem Lande zum Anschlufs an die französische begannen, wodurch u. A. auch die von General **Roy** angefangene und von **Mudge** beendete Gradmessung herbeigeführt wurde (§ 311).

Als Mitglied der Akademie, und nach des Vaters Tode als Direktor der Sternwarte, war er für die Astronomie

sehr thätig, wie das aus den 70 Abhandlungen hervorgeht, die er von 1735 bis 1770 in den Mém. de Paris veröffentlichte, doch hat er keine namhafte Entdeckung gemacht. Für die Physik wirkte er durch die Messung der Schallgeschwindigkeit 1738 mit **La Caille** und **Maraldi**.

Cassini de Thury starb 1784 zu Paris an den Blattern. Auch in seinem Sohne **Jacq. Domin. Cassini** Graf von **Thury** (1748—1845) lebte noch der astronomische Geist fort, er war Erbe der pariser Sternwarte (bis 1793) und der Karte von Frankreich, auch Mitglied der Akademie zu Paris, aber mit seinem Sohne, dem Vicomte **Alexandre Henri Gabriel**, Pair von Frankreich und Mitglied des Instituts für Botanik, geb. 1781, erlosch 1832 das berühmte Geschlecht.

La Hire. Mairan. Condamine. Ulloa.

315. **Philippe de la Hire**, den ich schon oft zu nennen Gelegenheit hatte, war geb. 1640 zu Paris. Er hatte ursprünglich die Absicht sich wie sein Vater, welcher Maler war, den schönen Künsten zu widmen, und machte auch in dieser Absicht eine Reise nach Italien. Allein nach einem dreijährigen Aufenthalt in diesem Lande sah er ein, daſs er mehr Talent zu den exakten Wissenschaften habe, und verlieſs daher die Kunst. Kenntnisse und Eifer für seinen neuen Beruf erwarben ihm bald die Mitgliedschaft der pariser Akademie, und in dieser Stellung nahm er Theil sowohl an der Picard'schen Gradmessung, als an der, welche 1683 unter **Domenico Cassini** begonnen, aber bald unterbrochen ward.

Seine Thätigkeit war auſserordentlich. Zwischen den Jahren 1678 und 1718 hat er nicht weniger als 244 Abhandlungen über fast alle Zweige der exakten Wissenschaften geschrieben, auſser mehreren eigenen Werken und auſser den Werken einiger Freunde, deren Herausgabe er besorgte, wie z. B. *Traité du nivellement, Paris 1684* von **Picard** und dem *Traité du mouvement des eaux, Paris 1686*

von **Mariotte.** Leider mufs man aber bekennen, dafs unter seinen Arbeiten keine von rechter Bedeutung ist. Er starb 1718 zu Paris. Sein Sohn

Gabriel Philippe de la Hire (1677—1719), der ebenfalls Mitglied der pariser Akademie war, hat sich hauptsächlich nur als Theilnehmer an der Cassini'schen Gradmessung bekannt gemacht, obwohl die pariser Mém. mehrere physikalische Abhandlungen von ihm aufzuweisen haben.

Jean Jacques d'Ortous de Mairan wurde geb. 1678 zu Béziers. Nach Beendigung seiner Studien zu Toulouse ging er nach Paris, um dort der Mathematik und Physik zu leben, was ihn seine glücklichen Vermögensumstände ohne Nachsuchung eines Amtes erlaubten.

Seinen Ruf begründete er zunächst durch seine *Dissert. sur les variations du baromètre, Paris 1715*, welche das Glück hatte von der Akademie zu Bordeaux als Preisschrift auf die von ihr über diesen Gegenstand gestellte Frage gekrönt zu werden, obwohl sie, wie schon erwähnt (§ 299), manche Blöfsen darbot. Diese Schrift und eine im folgenden Jahr veröffentlichte *Dissertation sur la glace, Paris 1716*, die gleichfalls von der Akademie zu Bordeaux gekrönt ward, verschafften ihm den Eintritt in die pariser Akademie. Von der Zeit an publicirte er eine grofse Zahl von Abhandlungen über verschiedene Gegenstände der Physik, die ihm unter seinen Landsleuten damaliger Zeit ein bedeutendes Ansehn erwarben, ihn aber doch nicht als einen Physiker von Auszeichnung dokumentiren. Seine Anhänglichkeit an die Cartesius'schen Wirbel und eine Menge unhaltbarer Hypothesen, mit denen er uns beschenkt hat, legen genügende Beweise davon ab.

Seine bedeutendste Beobachtung ist wohl die über die Lage der Nordlichtkrone (§ 303), die mehr Werth hat, als sein ganzer *Traité de l'aurore boréale, Paris 1733*. Aufserdem könnte man von seinen Verdiensten noch nennen den Gebrauch des abgekürzten Barometers zur Messung der Luftspannung unter der Kampane der Luftpumpe, welche

von **Dufay** in den Mém. des Paris 1734 beschrieben ward.[1]) Ferner mehrere Beobachtungen über die Festigkeit, Verdunstung und andere Eigenschaften des Eises in seiner oben genannten *Dissert. sur la glace*[2]).

Uebriges war **Mairan** ein Mann von großen Kenntnissen und vielseitiger Bildung, auch in den schönen Künsten bewandert und selbst Virtuos. Er hatte, wie es die Franzosen nennen grâces du style, und diese gute Eigenschaft, auf welche wir Deutsche leider im Allgemeinen zu wenig Werth legen, verschaffte ihm nach **Fontenelle**'s Tod 1740 das Amt eines Sekretärs der Akademie. Er starb zu Paris 1771 in dem hohen Alter von 93 Jahren.

Charles Marie de la Condamine, geb. zu Paris 1701, war der Sohn des General-Steuereinnehmers der Provinz Bourbonnois, Charles de la Condamine. In der Schule zeichnete er sich weder durch Fleiſs noch Talente aus, legte aber schon frühzeitig Beweise von Muth und Entschlossenheit ab, und diese Eigenschaft trieb ihn zunächst zum Kriegerstande. In Begleitung eines Onkels, der Rittmeister in dem Dragoner-Regiment Dauphin war, machte er in seinem 19. Jahr als Freiwilliger die Belagerung von Rosas mit, und benahm sich dabei mit groſser Kaltblütigkeit. Der bald darauf erfolgte Friede und die geringe Aussicht auf Beförderung bewogen ihn das Schwert gegen die Wissenschaften zu vertauschen, denen er sich nun mit solchem Eifer widmete, daſs er 1730 als Adjunkt der Chemie in die pariser Akademie aufgenommen ward.

Im J. 1731 machte er an Bord einer französischen Eskader eine Reise nach der afrikanischen Küste und der Levante, besuchte Jerusalem und Konstantinopel, und gab nach Beendigung derselben heraus *Observations astronomiques et météorologiques faites dans un voyage du Levant en 1731 et 1732, Paris 1732.* Die Qualifikationen, die er hierbei als Reisender entwickelte, waren es vermuthlich

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. IV, 171.
[2]) Ibid. III, 297.

welche veranlafsten, dafs man ihm einen Hauptantheil an der Expedition nach Peru im J. 1735 übertrug, und diese Wahl war gewifs ganz zweckmäfsig, da die Expedition sehr oft in den Fall kam, dafs ihr ein unternehmender Mann nöthig war. Im Mai 1743 verliefs **Condamine** Peru, und machte begleitet von einem einzigen Diener die gefahrvolle Reise auf dem Amazonenstrom nach Cayenne. Dort mufste er 5 Monate warten, bis er ein Schiff zur Ueberfahrt nach Europa fand, und dieser lange Aufenthalt in dem heifsen Klima war für seine Gesundheit äufserst nachtheilig.

In Paris erregte er nach seiner Rückkehr grofse Sensation. Die mannichfachen Abenteuer, die er erlebt und die angenehme Weise, wie er sie in den geselligen Kreisen zu erzählen wufste, bewirkten, dafs er in dem Streite mit **Bouguer** die Pariser gröfstentheils auf seiner Seite hatte, wenigstens alle diejenigen, die **Bouguer**'s wahre Verdienste nicht zu schätzen wufsten. Unter mannichfachen wissenschaftlichen Arbeiten und einigen Reisen nach Italien und England lebte er bis zum J. 1763, wo er von einer Lähmung der Extremitäten befallen wurde, die ihn zu allen anstrengenden Beschäftigungen untauglich machte. Er warf sich nun auf die Poesie, machte Gedichte, schrieb Erzählungen und übersetzte einen Theil der Aeneide. Zu der Lähmung trat später ein Darmbruch, und dieser führte endlich am 4. Februar 1774 seinen Tod herbei.

Wiewohl **Condamine**'n die höhere Begabung eines Physikers abging, so mufs man doch anerkennen, dafs er auf seiner amerikanischen Reise keine Gelegenheit zur Anstellung nützlicher physikalischer Beobachtungen verabsäumte. Er beobachtete fleifsig die Magnetnadel, mafs die Schallgeschwindigkeit in Quito und Cayenne, fand sie dort 339 Meter, hier 357 Meter und bestimmte die Pendellänge zu Para unter 1° 28′ Br. Auch machte er gemeinschaftlich mit **Bouguer** die erste Beobachtung über die Anziehung der Berge auf das Senkblei. Er machte sie am Chim-

borasso, und fand sie aus mehreren auf der Nord- und Südseite des Berges gemessenen Höhen der Sterne 7" bis 8".[1])

Die Denkschriften der pariser Akademie bereicherte er mit 20 und einigen Abhandlungen, von denen hier nur erwähnt sein mögen: eine über ein unveränderliches Mafs, welches er in der Pendellänge unter dem Aequator sah;[2]) eine über das zu seiner Zeit von **Fresneau** zu Cayenne entdeckte Kautschuck, résine elastique,[3]) und eine über die Blatternimpfung, wofür er sich wohl besonders deshalb interessirte, weil er selbst in der Jugend sehr durch die Blattern entstellt worden war.[4])

Don Antonio de Ulloa, geb. 1716 zu Sevilla. Ueber diesen ausgezeichneten Seeofficier, von dem wir über die amerikanische Expedition ein eigenes Werk besitzen: *Relacion historica del viaje a la America meridional, Madrid 1748*, will ich nur bemerken, dafs er nach Beendigung derselben wieder in den Flottendienst trat, und lange Zeit bei seiner Regierung in hohem Ansehn stand. So wurde er im J. 1762 als Chef eines Geschwaders ausgesandt, um das an Spanien abgetretene Louisiana in Besitz zu nehmen. Seine letzte Kriegsthat war ein Kreuzzug nach den Azoren, welcher die Wegnahme einer von Ostindien zurückkehrenden englischen Kauffahrtei-Flotte bezwecken sollte. Aber **Ulloa** versäumte die Gelegenheit und liefs die Engländer entwischen, weil er, wie man sagt, mit Beobachtungen beschäftigt die ihm mitgegebene versiegelte Order zu spät eröffnete. Er wurde deshalb vor ein Kriegsgericht gestellt, seiner wissenschaftlichen Verdienste wegen zwar frei gesprochen, aber vom Dienst entlassen. Er lebte von nun an in Zurückgezogenheit auf der Insel Leon bei Cadiz, wo er 1795 starb.

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. IV, 30.
[2]) Mém. de Paris 1747, p. 489.
[3]) Ibid. 1751, p. 319.
[4]) Ibid. 1754 und 1758.

Maupertuis. Le Monnier. Camus. Outhier. Maclaurin.

316. **Pierre Louis Moreau de Maupertuis** stammte von vornehmen Eltern, und wurde 1698 zu St. Malo geboren. Gleich **Condamine** widmete er sich anfangs dem Kriegsdienst, und brachte es darin bis zum Dragonerkapitän. Dann nahm er aber seinen Abschied und legte sich auf die Wissenschaften, die er mit solchem Eifer betrieb, daſs man ihn 1723 zum Mitglied der pariser Akademie ernannte. Als solches zeichnete er sich zunächst dadurch aus, daſs er, was damals in Paris noch ein Wagstück war, Parthei für **Newton** gegen **Descartes** nahm, wozu wohl eine Reise nach England die besondere Veranlassung gegeben hatte. Eine Reise nach Basel zu den **Bernoulli's**, mit denen er Freundschaft schloſs, gewann ihn für die neue Lehre in der Mathematik, und soll ihm auch den ersten Gedanken zu der Expedition nach Norden gegeben haben.

Nach Beendigung dieser Expedition wurde er im J. 1740 von Friedrich dem Groſsen nach Berlin berufen, um die Direktion der neu einzurichtenden Akademie zu übernehmen. Als er ankam war der König gerade auf dem Feldzug in Schlesien. Er eilte ihm nach, und nahm Theil an der Schlacht von Mollwitz; er wurde gefangen und nach Wien gebracht, wo der Kaiser ihn aber mit groſser Auszeichnung behandelte, und bald wieder in Freiheit setzte. Im J. 1745 lieſs er sich förmlich in Berlin nieder, verheirathete sich mit einem Fräulein Bork aus Pommern und übernahm 1746 das Präsidium der Akademie. In dieser Stellung verblieb er 10 Jahre, worauf er 1756 miſsvergnügt über mancherlei literarische Streitigkeiten, in die er sich z. B. mit **Voltaire** verwickelt sah, nach Frankreich zurückkehrte und einige Jahre darauf zu Basel 1759 starb.

Als Physiker hat sich **Maupertuis** nicht bekannt gemacht, es sei denn, man wolle das von ihm aufgestellte Princip der kleinsten Wirkung (principe de la moindre

quantité d'action) zur Physik rechnen, durch welches er mit dem Prof. **Samuel König** im Haag und später mit **Voltaire** in einen sehr lebhaften Streit gerieth. **Maupertuis** nennt Quantité d'action, Gröſse der Wirkung, das Produkt aus Masse, Geschwindigkeit und zurückgelegtem Weg, und sein Princip ist, daſs dieses Produkt immer ein Minimum sei, sowohl in der Mechanik beim Stoſs z. B. wie in der Optik bei der Brechung.[1]) In seiner Kosmologie bemüht er sich sogar dieses Sparsamkeitsgesetze als eine unmittelbare Folge aus den Eigenschaften des göttlichen Wesens darzustellen.

Pierre Charles Le Monnier, geb. 1715 zu Paris, wo sein Vater Professor der Philosophie am Collège d'Harcourt und Mitglied der Akademie war. Seine Entwickelung nahm einen sehr raschen Gang, schon im 16. Jahr machte er astronomische Beobachtungen, und bereits im 21. ward er Mitglied der Akademie. Als Astronom war er auch nach der lappländischen Expedition sehr thätig, und machte sich um die pariser Sternwarte namentlich dadurch verdient, daſs er 1741 das Passage-Instrument sowie andere von **Graham** verfertigte Instrumente auf derselben einführte. Er war der Lehrer von **La Lande**.

Als im J. 1791 das National-Institut gegründet wurde, ernannte man ihn zu einem der 44 Mitglieder desselben. Als Physiker ist er auſser einigen mit **Cassini** über das Barometer gemachten Beobachtungen wegen seiner Arbeiten über die Gesetze des Magnetismus und die Theorie der Winde zu nennen. Er starb 1799 zu Héril bei Bayeux.

Charles Etienne Louis Camus, geb. 1699 zu Cressy, der Sohn eines Chirurgen daselbst. Seine schon frühzeitig sich äuſsernde Neigung zu mathematischen Studien ward unter des berühmten **Varignon** Leitung besonders auf angewandte Mathematik gelenkt, auf Baukunst, Navigation, Maschinenkunde und Astronomie, in welchen er es bald so weit brachte, daſs er 1727 einen von der Akademie

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. IV, 92, 463.

ausgesetzten Preis auf die beste Methode zur Bemastung der Schiffe gewann. Diese Preisschrift verschaffte ihm auch den Eintritt in die Akademie als Mécanicien adjoint an **Pitot's** Stelle, so wie er denn 1730 in Folge einer Abhandlung über beschleunigte Bewegung durch lebendige Kräfte (forces dans les corps en mouvement) Mitglied der Akademie der Baukunst wurde.

Auf der lappländischen Expedition war er nicht bloſs als Astronom, sondern auch als Mechanikus thätig und sehr nützlich. Sowohl vor als nach dieser Expedition bereicherte er die pariser Memoiren durch eine lange Reihe sehr schätzbarer Abhandlungen, theils mathematischen Inhalts, theils aus dem Gebiet der reinen und angewandten Mechanik; auch hinterlieſs er bei seinem Tode eine bedeutende Zahl von Manuskripten ähnlichen Inhalts. Er starb 1768 zu Paris.

Alexis Claude Clairault war das zweite der 21 Kinder von **Jean Bapt. Clairault**, einem Lehrer der Mathematik in Paris, und wurde geboren 1713. Das mathematische Talent war in dieser Familie erblich, aber in **Alexis** entfaltete es sich am frühesten und ausgezeichnetsten. Schon im vierten Jahr konnte er nicht allein lesen und schreiben, sondern auch die Elemente der Arithmetik und Geometrie begreifen; im neunten studirte er **Guisnée's** Anwendung der Algebra auf die Geometrie und im zehnten **l'Hôpital's** Analysis des Unendlichen. Nicht mehr als 11 Jahr war er, als er heimlich, meistens bei Nacht, eine Abhandlung über vier Kurven des dritten Grades schrieb, die, als der Vater sie der pariser Akademie überreichte und dabei den Knaben als Verfasser vorstellte, die gröſseste Sensation erregte, so daſs der alte **Reyneau**, der Lehrer von **d'Alembert**, in Freudenthränen über ein so wunderbares Talent ausbrach. Die Abhandlung ist durch die Miscellanea berolinensia von 1724 veröffentlicht.

Einige Jahre darauf folgte eine andere Abhandlung über die Kurven mit doppelter Krümmung, welche 1730 gedruckt wurde, versehen mit einem Zeugniſs der Akademie,

worin sie sagt, dafs **Clairault** im 16. Jahr geleistet, was den berühmtesten Mathematikern zur Ehre gereicht haben würde. Die Akademie ging nun mit dem Plan um das junge Genie zu ihrem Mitglied zu machen, und da in den Statuten festgesetzt war, dafs ein Akademiker das 20. Jahr vollendet haben müsse, so wandte sie sich an den König, um für **Clairault** eine Ausnahme zu bewirken. Sie wurde bewilligt, und so trat er am 14. Juli 1731 als 18jähriger Jüngling in die gelehrte Körperschaft ein.

Kurz darauf verlor **Alexis** seinen jüngeren Bruder, der ein gleiches Talent wie er zur Mathematik zu entfalten schien, und dieser Todesfall machte einen solchen Eindruck auf ihn, dafs **Maupertuis**, der für seine Gesundheit fürchtete, ihm rieth die Reise nach Basel zu den **Bernoulli**'s mitzumachen. Dort fand er neue Nahrung für seine Wissenschaft, und als er nach seiner Rückkehr die Akademie in lebhafter Diskussion über die Erdgestalt antraf, war dies ein Sporn für ihn sich auch an diesem Problem zu versuchen, zu dessen Lösung er durch seine *Théorie de la figure de la terre, Paris 1743* einen so wichtigen Beitrag lieferte.

Im J. 1747 betheiligte er sich mit **Euler** und **d'Alembert** an der Lösung des schwierigen Problems der drei Körper. Sonderbar genug ergaben die drei Untersuchungen, wiewohl sie ganz unabhängig von einander gemacht waren, für die Bewegung des Mond-Apogeums nur die Hälfte des beobachteten Werthes. Das frappirte **Clairault**. Er schlug vor an dem Newton'schen Gravitationsgesetz eine kleine Korrektion zu machen, um Rechnung und Erfahrung in Uebereinstimmung zu bringen. Allein da sich **Buffon** diesem Vorschlag widersetzte, nahm **Clairault** seine Rechnung nochmals wieder vor, und fand zu seiner Freude, dafs die Abweichung seiner und seiner berühmten Mitbewerber Resultate nur aus der Vernachlässigung gewisser kleiner Glieder in einer Reihe entsprungen war. Er gewann dadurch den Preis, den die petersburger Akademie

im J. 1751 auf die vollständige Lösung des Problems gesetzt hatte.

Sehr grofs ist die Zahl der Abhandlungen, die er in den pariser Denkschriften über wichtige und schwierige Gegenstände der Mathematik und Astronomie veröffentlicht hat, und die zu specificiren nicht in meinem Plane liegen kann. **Clairault's** Arbeiten sind zwar sämmtlich mathematischen Inhalts, doch betreffen auch einige die Physik. Dahin gehört zunächst ein Abschnitt des erwähnten Werkes *Théorie de la figure de la terre*, welcher bemerkenswerth ist, insofern er die erste Theorie von der Kapillar-Attraktion enthält. Dann ferner drei Abhandlungen über die Vervollkommnung der achromatischen Fernröhre in den Mém. de Paris 1757 und 1762, und endlich eine Abhandlung über konische Pendelschwingungen in denselben Denkschriften 1735.

Clairault war thätig bis an sein Lebensende, welches 1765 eintrat in Folge davon, dafs er sich einmal von einem Freunde überreden liefs gegen seine Gewohnheit zu Abend zu speisen.

Der **Abbé Reginaud Outhier** war geb. 1694 zu Lamare Jousserand, Baillage de Poligni. Vor der lappländischen Expedition war er Vikar zu Montain bei Lons-le-Saulnier, nachher erhielt er ein Kanonikat bei Bayeux, dem er aber bald entsagte und sich in den Ruhestand zurückzog, da er vom Könige eine Pension erhielt. Er starb 1774 zu Bayeux.

Colin Maclaurin, aus einer alten schottischen Familie, wurde geb. 1698 zu Kilmoddan bei Inverary. Wie meistens die mathematischen Genies entwickelte er sich sehr früh; schon in seinem 16. Jahr fand er viele der Sätze, die er 1720 in der *Geometria organica* veröffentlichte. In seinem 19. Jahre wurde er bereits Professor der Mathematik am Marishal College zu Aberdeen. Eine Reise nach Paris gab ihm Veranlassung, sich um den von der dortigen Akademie ausgesetzten Preis auf die Lösung des Problems

vom Stofs der Körper zu bewerben. Seine Abhandlung wurde gekrönt 1724, und damit war sein Ruf in der grofsen Welt gegründet.

Im J. 1725 erwählte man ihn, hauptsächlich auf die Empfehlung von **Newton**, der sein grofses Talent erkannt hatte, an die Stelle des verstorbenen **James Gregory** zum Professor an der Universität von Edinburgh. Zwanzig Jahre bekleidete er diese Professur in ungestörter Ruhe mit grofser Auszeichnung, als politische Stürme über sein Vaterland hereinbrachen, und sein Lebensende verbitterten. Eduard, ein Enkel Jakob's II. landete 1745 in Schottland, und ein grofser Theil der Schotten, abhold der Union mit England, scharte sich um diesen Spröfsling der Stuarts, um die Engländer zu vertreiben. **Maclaurin** hielt es mit der englischen Parthei, und einem zweiten Archimedes gleich, wirkte er mit grofsem Eifer dahin, dafs die Stadt Edinburgh sich dem Prätendenten widersetzte; er selbst war Tag und Nacht bei Sturm und Regen mit Anlage von Festungswerken beschäftigt. Aber die Anstrengungen waren vergeblich, Edinburgh fiel in die Hände der Rebellen, ehe die Hülfe aus England anlangte. **Maclaurin** flüchtete zum Erzbischof von York, wo er zwar die liebevollste Aufnahme fand, aber kurz darauf in Folge einer durch die ungewohnten Anstrengungen herbeigeführten Krankheit 1746 starb.

Von seinen hauptsächlich mathematische Gegenstände behandelnden Schriften hat für die Physik ein besonderes Interesse die Abhandlung *De causa physica fluxus et refluxus maris*, welche 1740 ebenfalls von der pariser Akademie gekrönt wurde.

Akustik.

317. Dieser seit **Galilei**'s Zeit im Ganzen wenig kultivirte Zweig der Physik begann am Ende des XVII. Jahrhunderts gröfsere Theilnahme zu erregen, und namentlich die Aufmerksamkeit der Mathematiker auf sich zu ziehen, die ihn im Laufe des XVIII. bedeutend vervollkommneten.

Den ersten Impuls zur mathematischen Behandlung der Akustik gab unstreitig **Newton** durch die Formel für die Fortpflanzungsgeschwingkeit des Schalles, welche er in seinen Principien von 1687 aufstellte. Sie hatte indeſs vor der Hand keinen Einfluſs auf die experimentellen Bestimmungen dieser Geschwindigkeit, und ebenso wenig versuchte oder verstand man die Abweichung derselben von der Erfahrung zu erklären. Es ergab sich daraus, wie früher erwähnt (§ 289), nur eine Geschwindigkeit von 906 par. Fuſs.

Unterdeſs lieſs man es an gelegentlichen Messungen nicht fehlen. Zu den früheren von

Gassendi[1]	1473	par. Fuſs
Mersenne	1380	-
Florentiner Akademiker	1077	-

traten zu **Newton**'s Zeit noch hinzu

Boyle	1126	par. Fuſs
Dom. Cassini, Huyghens, Picard, Römer	1097	-
Walker	1255	-
Roberts	1220	-
Flamstead und **Halley**	1071	-

die sich jedoch alle weder durch groſse Genauigkeit noch durch sonst einen Umstand auszeichneten. Der erste, der eine speciellere Untersuchung der auf die Schallgeschwindigkeit einflieſsenden Umstände vornahm, war **Derham** im J. 1705 (§ 301). Er entdeckte zuerst den Einfluſs des Windes auf diese Geschwindigkeit, den die florentiner Akademiker noch geläugnet hatten[2]). Dann ermittelte er, daſs diese Geschwindigkeit gleichförmig sei, was allerdings schon in **Newton**'s Formel liegt; daſs ein starker und schwacher Schall, ein Pistolenschuſs und ein Hammerschlag sich gleich schnell fortpflanzen; daſs es ebenfalls keinen Einfluſs habe, ob der Schuſs einer Kanone oder Pistole auf den Beob-

---

[1]) Seine Angabe soll ein Resultat von **Mersenne** sein. Musschenbroek, Introduct. II p. 920, § 2231.

[2]) Philos. Transact. 1708; abridg. V, 380.

achter hingerichtet oder von ihm abgewandt sei, und dafs der Schall in Richtung von oben nach unten mit derselben Geschwindigkeit wie horizontal fortgepflanzt werde.

Als Mittel fand er für die Geschwindigkeit des Schalles wie **Halley** 1142 engl. Fufs = 1071 par. Fufs. Seine Standlinien gingen dabei von 1 bis 13 engl. Meilen, bei **Cassini**, **Huyghens** u. s. w. betrug sie nur 1280 Fufs. Die Zeit wurde durch ein Pendel gemessen, das halbe Sekunden schlug. Die Beschaffenheit der Luft und des Wetters sowie die Tageszeiten fand er ohne Einflufs, was indefs wegen Temperaturverschiedenheit nicht ganz richtig sein kann.

Aufser auf die Geschwindigkeit richtete er seine Aufmerksamkeit auch auf die Stärke des Schalles. Im Allgemeinen fand er den Schall im Sommer und bei westlichen Winden schwach, dagegen bei Winterkälte, bei Ost- und Nordwinden stark und scharf. Er beobachtete aber auch die Anomalien, die sich bei den neuesten Messungen dieser Art herausgestellt haben, und bis jetzt noch nicht hinlänglich erklärt sind. Zuweilen blieb der Schall des abgefeuerten Geschützes bei regnerischem Wetter, ja selbst bei starken Regengüssen ganz ungeschwächt, wie schon **Kircher** zu Rom beobachtet hat, während er zu anderen Zeiten, bei ganz heiterem Himmel, wenn noch dazu der Wind vom Geschütz herwehte, fast kaum gehört wurde. **Derham** konnte in diesen Anomalien keine Beziehung zum Barometerstand entdecken; er überläfst die Erklärung derselben Anderen, und setzt noch hinzu, er wolle es ihnen zur Entscheidung anheimstellen, ob die Luft selbst, oder gewisse ätherische, subtile, gasige oder gröbere Theile derselben das eigentliche Vehikel des Schalles seien.

Man sieht hieraus trotz der Zurückhaltung, dafs **Newton**'s Ideen über die Schallfortpflanzung in der Luft doch noch nicht ganz feste Wurzeln in den Köpfen der Physiker geschlagen hatten. Einen ferneren Beweis darüber giebt uns **Mairan**. Ueberrascht davon, dass eine und dieselbe Luftmasse zu gleicher Zeit aufserordentlich viele und verschiedenartige Töne fortpflanzen kann, glaubte er

annehmen zu müssen, dafs die atmosphärische Luft aus Theilchen von verschiedener Elasticität bestehe, von denen jede Klasse einen bestimmten Ton fortpflanze. Er sprach diese subtile Idee 1719 in der pariser Akademie aus, und entwickelte sie später in einer besonderen Abhandlung: *Discours sur la propagation du son*, *Mém. de Paris 1737*. **Derham** suchte auch aus seinen Untersuchungen verschiedene nützliche Folgerungen zu ziehen, und machte u. A. darauf aufmerksam, dafs man bei Kenntnifs der Schallgeschwindigkeit aus der Zeit zwischen Blitz und Donner die Entfernung eines Gewitters bestimmen könne.

Im J. 1738 liefs die pariser Akademie durch eine Kommission, bestehend aus **Cassini de Thury**, **Maraldi** und **La Caille**, eine neue Messung der Schallgeschwindigkeit vornehmen. Die Messung wurde mit vieler Umsicht ausgeführt, und ihr Endresultat ist auch wohl genauer als das Derham'sche, es ergab 173 Toisen = 1038 par. Fufs; allein ganz vom Einflufs des Windes befreit ist es doch auch nicht, weil die Schüsse nicht von zwei Stationen wechselseitig geschahen, was dazu nothwendig ist. Im Uebrigen bestätigten die Akademiker nur, was **Derham** beobachtet hatte, und wie dieser richteten sie ihre Aufmerksamkeit nicht besonders auf den Einflufs der Temperatur, der bei ihren Messungen zwischen 5° und 7,5° C. schwankte.

Der erste, der daran zweifelte, dafs die Schallgeschwindigkeit bei allen Temperaturen dieselbe sei, ist der Italiener **Bianconi**. Er stellte, um diesen Zweifel aufzuhellen, im J. 1740 einige Messungen zu Bologna an, indem er die zu diesem Behufe auf der Festung der Stadt abgefeuerten Kanonenschüsse aus dem 30 Miglien entfernten Kloster Urbano beobachtete, einerseits im Sommer bei + 28° R., und andererseits im Winter bei — 1,2° R. Im ersten Falle zählte er zwischen Blitz und Knall 76 Pendelschläge, im letzteren 79, also war bewiesen, dafs Temperaturerhöhung die Schallgeschwindigkeit beschleunigt. Er beschrieb diese Versuche unter dem Titel: *Della diversa velocità del suono,*

Venezia 1746, auch: *Commentarii de Bononiensi scientiarum et artium instituto et academia II. 1. 365.* — **Giov. Ludov. Bianconi**, Graf, geb. 1717 zu Bologna, gest. 1781 zu Perugia, war besonders als Arzt berühmt.

Dasselbe Resultat ging auch aus den Beobachtungen von **Condamine** hervor, welche derselbe im J. 1740 zu Quito und 1744 zu Cayenne angestellt hatte; danach betrug die Schallgeschwindigkeit in Quito 339 Meter, in dem beträchtlich wärmeren Cayenne dagegen 357 Meter[1]). Allein im Ganzen wurden diese Wahrnehmungen nicht beachtet, und man kann wohl sagen, dafs der Einflufs der Temperatur auf die Schallgeschwindigkeit erst durch diejenigen Beobachtungen Geltung bekam, welche **Benzenberg** 1811 zu Düsseldorf und zwar grade in Rücksicht auf die Temperatur anstellte[2]).

318. Der Widerspruch, der aus den wiederholten Messungen der Schallgeschwindigkeit zwischen der Erfahrung und der Newton'schen Theorie hervorging, mufste natürlich über lang oder kurz die Aufmerksamkeit der Mathematiker in hohem Grade erregen. Der erste, der ihn öffentlich zur Sprache brachte, war wohl **Gabriel Cramer** (1704—1752), Prof. der Mathematik zu Genf. Er glaubte gefunden zu haben, dafs der Beweis der Propos. 47 bei **Newton** nicht konklusiv sei, und ebensowohl zu ganz falschen Schlufsfolgerungen gebraucht werden könne[3]), gegen welche Behauptung indefs **Jacquier** und **Le Sueur**, die Uebersetzer und Kommentatoren von **Newton**'s Principien, Protest einlegten.

Hierauf betrat **Euler** dies Feld. In einer Schrift: *Conjectura physica circa propagationem soni et luminis, Berol. 1750* prüft er die Newton'sche Theorie, und findet sie für die Fortpflanzung eines einzigen Impulses ganz richtig, meint aber, dafs wenn mehrere Impulse aufein-

---

1) Mém. de Paris 1745.

2) Gilbert, Ann. XXXV, 383.

3) Lettre de Mr. Cramer du mois de Juil. 1740 im Journ. des Savants 1741, p. 177.

ander folgen, vielleicht ein jeder durch die nächst folgenden beschleunigt werde. Diese Meinung war offenbar irrig, denn wenn dem so wäre, so müſsten höhere Töne, bei denen die Impulse schneller aufeinander folgen, rascher fortgepflanzt werden als tiefere, was doch nicht der Fall ist. **Euler** selbst sah dies später ein, und nahm seine Meinung zurück in der Abhandlung *De la propagation du son, Mém. de Berlin 1759,* allein damit blieb der Widerspruch bestehen.

Nach **Euler** nahm **Lagrange** den Gegenstand auf, und schrieb darüber zwei Abhandlungen: *Recherches sur la propagation du son, Miscellanea taurinensia I. 1759* und *Nouvelles recherches sur la prop. etc., ibid. II. 1762.* In der letzten Schrift glaubte er, der Widerspruch lieſse sich wohl heben, wenn man annehme, das Mariotte'sche Gesetz sei nicht ganz richtig, die Luft sei in einem geringeren Verhältniſs als dem der Drucke komprimirbar, oder $\frac{v'}{v} < \frac{p}{p'}$. Dagegen meinte **Sulzer** in Berlin[1]), die Luft müsse hierzu in einem stärkeren Verhältniſs als dem der Drucke komprimirbar sein. Diese Ansicht war offenbar falsch, die von **Lagrange** aber richtig, nur muſste allerdings zuerst nachgewiesen werden, daſs das Mariotte'sche Gesetz in dem angegebenen Sinne unrichtig sei und zwar so stark, als es zur Hebung des Widerspruchs erfordert wird.

Dies muſs **Lagrange** selbst späterhin nicht für wahrscheinlich gehalten haben, denn in seiner letzten Abhandlung über diesen Gegenstand sucht er die Abweichung der Theorie von der Erfahrung davon abzuleiten, daſs die bisherigen Messungen fehlerhaft seien[2]). Das war aber ein Vorwurf, der bei näherer Prüfung auch nicht Stich halten konnte, denn wenn gleich die Messungen nicht den letzten Grad von Genauigkeit besaſsen, so konnten sie doch unmöglich um $\frac{1}{6}$ des ganzen Werthes irren. **Lagrange's**

[1]) Mém. de Berlin 1753.
[2]) Ibid. 1786.

letzte Meinung hob die Schwierigkeit ebenso wenig wie die Hypothese des verdienstvollen **Lambert**, welcher wollte, dafs heterogene Theile in der Luft vorhanden seien, welche das Gewicht aber nicht die Elasticität derselben vermehrten, und den Schall fortleiteten [1]).

So blieb denn während des ganzen XVIII. Jahrhunderts die Abweichung der Newton'schen Theorie von der Erfahrung ein unerklärliches Paradoxon, bis endlich **Laplace** ums J. 1816 zeigte, dafs es allerdings in dem Mariotte'schen Gesetze seinen Grund habe, welches hier einer Korrektion bedürfe, da bei der Fortleitung der Schallwellen Wärme entwickelt und verschluckt, somit die Elasticität geändert, und die Komprimirbarkeit vermindert wird.

319. Mit den Untersuchungen über die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles in Luft stehen im nächsten Zusammenhang diejenigen über die Stärke desselben in Luft von verschiedener Dichtigkeit. Dafs die Schallstärke mit der Dichte abnehme, hatte schon **O. v. Guericke** beobachtet, indem er eine Glocke mit Uhrwerk unter die Kampane seiner Luftpumpe brachte und evakuirte. Je mehr Luft er auspumpte, desto schwächer ward der Schall, und zuletzt verschwand er gänzlich (§ 189).

Denselben Versuch wiederholte **Hawksbee** im J. 1705, und modificirte ihn später auf eine ganz artige Weise [2]). Er evakuirte den Zwischenraum zweier koncentrischer Kugeln, von denen die innere mit der äufseren Luft durch eine offene Röhre kommunicirte, und aufser Luft auch die Glocke enthielt. So lange die Röhre offen war, hörte man die Glocke sehr deutlich, verschlofs er aber die Röhre, so war der Klang nur sehr schwach. Schon im J. 1705 hatte **Hawksbee** auch den umgekehrten Versuch gemacht. Er hatte eine Glocke in eine Glaskugel mit Luft von gewöhnlicher Dichtigkeit eingeschlossen; wenn dann der Klöppel an die Glocke schlug, hörte man sie auf eine

---

[1]) Mém. de Berlin 1768.

[2]) Philosoph. Transact. 1705, 1709; abridg. V, 203, 500.

Entfernung von 30 Yards. Nun verdichtete er die Luft auf das Doppelte, da hörte er die Glocke ebenso stark auf 60 Yards, und als die Verdichtung auf das Dreifache getrieben ward, war dies noch bei 90 Yards der Fall.

In anderer Weise verfuhr **Papin**. Er liefs Luft durch eine Pfeife in einen ausgepumpten Ballon treten, und beobachtete dabei, dafs der Ton desto schwächer war, je mehr man den Ballon ausgepumpt hatte, ja dafs er, im ersten Augenblick wenigstens, gar nicht gehört wurde, wenn der Ballon luftleer war. **Papin** theilte diesen Versuch im J. 1685 der Roy. Society mit, der in unvollkommenerer Art schon vorher von **Boyle** war angestellt worden.[1])

Hawksbee machte auch die ersten Versuche über die Fortpflanzung des Schalles in Wasser, obwohl schon **Guericke** das Faktum kannte, dafs man Fische mit einer Klingel rufen kann, und daraus geschlossen hatte, dafs das Wasser den Schall leiten müsse. **Hawksbee** schlofs eine Glocke in eine mit Luft erfüllte Glaskugel, und liefs sie an Schnüren in Wasser hinab. Als er darauf einen Klöppel an sie schlagen liefs, hörte er ihren Ton sehr deutlich, aber zugleich machte er die Bemerkung, dafs der Ton seinen Klang verändert hatte, hart und rauh geworden war. Ein Mitglied der königl. Gesellschaft **Arderon** trieb im J. 1748 diese Versuche mehr ins Grofse. Er liefs geschickte Schwimmer 2 bis 12 Fufs tief in Wasser untertauchen; da hörten sie denn nicht allein Glocken, die in einiger Entfernung zum Tönen gebracht wurden, sondern auch Flintenschüsse, die man über dem Wasser in der Luft abfeuerte, auch hörte man die im Wasser ertönenden Glocken in der Luft[2]). Auch der französische Physiker **Nollet** beschreibt in seinen *Leçons de physique experim. Vol. III, 417, Paris 1743*, sowie in den Mém. de Paris 1743 ähnliche von ihm selbst angestellte Versuche.

---

[1]) Birch, History of the Roy. Society IV, 379;

[2]) Philosoph. Transact. 1747, 1748; abridg. IX, 468.

An eine Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in Wasser wurde im ganzen XVIII. Jahrhundert noch nicht gedacht. Ebenso wenig wurde die Geschwindigkeit des Schalles in festen Körpern gemessen, obwohl die Thatsache der Fortpflanzung desselben in diesen Körpern längst bekannt war. Schon Pater **Kircher** spricht davon in seiner *Musurgia Rom. 1650*, desgl. **Boerhave**, und später ward es der Gegenstand mehrerer Verhandlungen, als **Jorissen** 1757 zu Halle zeigte, dafs man durch einen an die Zähne gehaltenen Stab Taube hörend machen könne[1]). Die einzige Angabe über die Geschwindigkeit des Schalles in festen Körpern findet sich in diesem Zeitraum bei **Hooke** in seiner Mikrographie von 1665, und die ist falsch, denn **Hooke** sagt, der Schall pflanze sich in diesen Körpern momentan oder mit der Geschwindigkeit des Lichtes fort. Er schlofs dies aus der Fortpflanzung des Schalles in einem langen ausgespannten Draht.

320. Viel älter und zahlreicher als die Untersuchungen über die Fortpflanzung des Schalles sind die Beschäftigungen mit den Tönen, deren Entstehung, Verhältnifs zu einander und Wirkung auf unser Ohr. Diese Beschäftigungen entsprangen aus der Musik, unstreitig der ältesten aller schönen Künste, die, gleich wie wir sie noch heute bei den allerrohesten Nomaden antreffen, so auch bis in die Urzeit der frühesten Völker verfolgt werden kann. Hat auch **Jubal** nicht die Instrumental-Musik ums Jahr der Welt 500 erfunden, so lehrt doch schon das erste Buch Mosis, dass Flöten, Pfeifen, Schalmeien, Zithern und Harfen bereits den alten Hebräern bekannt waren, und wahrscheinlich gingen ihnen die Aegypter und die Chinesen in der Kenntnifs und dem Gebrauch solcher Instrumente noch voran.

Eine wissenschaftliche Gestaltung nahm aber diese praktische Musik erst bei den Griechen, namentlich bei den Pythagoräern. **Pythagoras** scheint über die Tonver-

---

[1]) Chladni, Akustik S. 262.

hältnisse mancherlei gewuſst und sich zur Festsetzung derselben einer Art von Monochord bedient zu haben, aber es ist schwer mit Genauigkeit anzugeben, wie weit eigentlich seine Kenntnisse reichten, denn was **Nikomachus** und **Jamblichus** darüber berichten, beruht offenbar auf einem Miſsverständniſs[1]). Nach **Theon** von Smyrna und **Nikomachus** scheint es jedoch gewiſs zu sein, daſs die Pythagoräer Versuche machten über den Ton einer Saite bei verschiedener Länge und Spannung, sowie über den Ton eines Gefäſses bei mehr oder weniger vollständiger Füllung mit Wasser (§ 11).

Zweihundert Jahre nach **Pythagoras** schrieb **Aristoteles** über die Töne, und bekundete dadurch einige ganz gute Kenntnisse, die er möglicherweise von den Pythagoräern entlehnt hat. So wuſste er, daſs bei Saiten von gleicher Spannung und bei Pfeifen die Schwingungsmengen der Töne sich umgekehrt wie die Längen verhalten, und daſs überhaupt die Töne in Schwingungen begründet seien, die von dem tönenden Körper auf die Luft übergehen, durch welche sie zu unserem Ohr gelangen.

Späterhin behandelten **Euklid** und **Ptolemaeus** die Lehre von den Ton-Intervallen mathematisch, ohne daſs jedoch die Physik irgend einen erheblichen Gewinn daraus zog. Ebenso ging es im Mittelalter, obgleich die Musik sowohl von praktischer wie theoretischer Seite sehr grosse Fortschritte machte. So u. A. durch die Erfindung der Noten, zunächst derjenigen ohne Bezeichnung der Zeitdauer, die man gewöhnlich dem Benediktiner-Mönch **Guido von Arezzo, Guido Aretius**, im XI. Jahrhundert zuschreibt, obwohl wie **Kiesewetter** behauptet, mit Unrecht. Von demselben **Guido** rührt auch her die noch jetzt bei Italienern, Franzosen und Engländern übliche Benennung der Töne: *ut, re, mi, fa, sol, la* statt unserer *c, d, e, f, g, a,* entnommen einem lateinischen Lobgesang, in welchem die Sänger den heiligen

---

[1]) Montucla, Hist. des math. I, 126; Chladni, Akust. S. 102.

Johannes um Beseitigung aller Unreinheit der Stimme bitten:

Ut queant laxis resonare fibris
Mira gestorum famuli tuorum
Solve polluti labii reatum
Sancte Ioannes.

Dem Hexachord der sogen. aretinischen Silben wurde erst später noch die letzte, *si* bei uns *h*, hinzugefügt, angeblich durch **Erich van der Putten** (1574—1646) aus Venloo.

Auf diese Erfindung folgte die der Mensural-Noten, d. h. derjenigen, welche ausser der Höhe der Töne auch die Dauer derselben anzeigen. Man hat lange geglaubt, sie gehöre dem **Jean de Meurs** oder **Murs, Joannes de Muris** an, der Canonicus in Paris war, etwa 1310 geboren und erst nach 1360 gestorben ist; allein man will später gefunden haben, dafs ein Deutscher, **Franco** aus Köln, der im XIII. Jahrhundert gelebt hat[1]), sie in seiner *Musica et ars cantus mensurabilis* gebraucht hat. Da aber dieser von dem Zeitmafse als einer bekannten Sache spricht, so zweifeln Einige an dessen Erfinderschaft, und Andere verwerfen sie gänzlich[2]).

Alle, welche bis zum Ende des XVI. Jahrhunderts über die Töne schrieben, wie z. B. der zu seiner Zeit berühmte **Giuseppe Zarlino**, (geb. 1540 zu Chioggia, gest. 1599 zu Venedig) Kapellmeister an der St. Marcuskirche, sowie der Vater des grofsen **Galilei**, hatten dabei nur die theoretische Musik und nicht die Physik im Auge. Erst mit **Galilei** hebt die Physik der Töne an, wenngleich das, was er hier aufstellte, quantitativ betrachtet nur gering war, und nicht mehr als was schon **Pythagoras** lehrte. In seinen *Discorsi e dimostrazioni matematiche, Leida 1638* thut er dar, dafs die Schwingungszeiten elastischer Saiten von gleicher Dicke und gleicher Substanz, wenn sie durch

[1]) Bindseil, Akustik 691.
[2]) Zamminer, Die Musik, S. 159.

gleiche Gewichte gespannt werden, den Längen dieser Saiten proportional sind, und daraus schlofs er, dafs die Höhe des von einer Saite erzeugten Tones von der Häufigkeit oder Anzahl der Schwingungen abhänge. Er setzte dabei voraus, dafs die ganze Masse der Saite in deren Mitte vereinigt sei, und der übrige Theil wohl Elasticität, aber keine Trägheit habe.

Nach **Galilei** beschäftigte sich **Mersenne** mit diesem Zweige der Physik, und stellte einige recht lehrreiche Versuche an, die in seiner *Harmonie universelle, Paris 1636*, lat. *Harmonicorum libri XII, ibid. 1636* beschrieben sind. So fand er für Saiten von gleicher Substanz die Tonhöhe oder Schwingungszahl n,

1) wenn die Saiten gleiche Länge und Dicke haben, aber durch verschiedene Belastungen p und p' gespannt sind:

$$n : n' = \sqrt{p} : \sqrt{p'};$$

2) wenn sie gleiche Länge und gleiche Spannung, aber ungleiche Gewichte q und q' haben:

$$n : n' = \sqrt{\frac{1}{q}} : \sqrt{\frac{1}{q'}};$$

3) wenn sie gleiche Dicke und gleiche Spannung, aber die Längen l und l' haben:

$$n : n' = \frac{1}{l} : \frac{1}{l'};$$

4) wenn sie gleiche Länge und Spannung, aber ungleiche Dicke d und d' haben:

$n : n' = \frac{1}{d} : \frac{1}{d'}$ (Mersenne hat irrig d^2, d'^2 für d, d').

Er machte auch Versuche mit Saiten aus verschiedenen Metallen, Gold, Silber, Kupfer, Messing, Eisen, bei denen Länge, Dicke und Spannung gleich waren, und fand den Ton desto tiefer, je specifisch schwerer das Metall war. Er bediente sich bei allen seinen Versuchen zur Bestimmung der Tonhöhe eines Monochords, welches in 120 Theile getheilt war; dasselbe bedurfte zum Unisono mit der

Saite	von	Gold . . .	$100\frac{1}{2}$	Theile
-	-	Silber . . .	$76\frac{1}{3}$	-
-	-	Kupfer . .	$69\frac{1}{3}$	-
-	-	Messing . .	69	-
-	-	Eisen . . .	66	-

Aufserdem machte Mersenne auch die Beobachtung, die er aber nicht weiter verfolgte, dafs eine Saite, aufser ihrem hauptsächlichsten Ton oder ihrem Grundton, auch noch höhere Töne geben könne[1]).

321. Diese experimentellen Bestimmungen blieben das ganze XVII. Jahrhundert hindurch vereinzelt ohne verknüpfende Theorie stehen, bis im Anfang des XVIII. Jahrhunderts ein englischer Mathematiker **Brook Taylor**, derselbe, dem wir den wichtigen Taylor'schen Lehrsatz in der Analysis verdanken, das Problem von den schwingenden Saiten zum Gegenstand seines Nachdenkens machte. Er untersuchte zunächst die Gestalt einer schwingenden Saite, und gelangte dann für die Anzahl ihrer Schwingungen in einer bestimmten Zeit oder für ihre Tonhöhe zu der folgenden ebenso einfachen wie allgemeinen Formel:

$$n = \sqrt{\frac{pg}{lq}},$$

wo p die spannende Kraft, $g = 9{,}81$ Meter, die Beschleunigung durch die Schwere, l und q Länge und Gewicht der Saite bedeuten. Da $q = r^2 \pi l s$, wenn s das specifische Gewicht ist, so kann man auch setzen:

$$n = \frac{1}{rl}\sqrt{\frac{pg}{\pi s}},$$

woraus sich alle von **Mersenne** gefundenen Sätze ergeben. Auch folgt daraus, dafs alle Saiten aus beliebigen Metallen oder anderen Stoffen, wenn Länge, Spannung und Gewicht bei ihnen gleich sind, einerlei Ton geben. **Taylor** theilte diese Formel zuerst in den Phil. Transact. für 1713 (abridg. VI, 14) mit, und später ausführlicher in

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. I, 468, 470.

seinem berühmten Werk: *Methodus incrementorum, London 1715.*

Brook Taylor war geb. 1685 zu Edmonton bei London, machte seine Studien zu Cambridge, wurde 1712 Mitglied der londoner Gesellschaft und 1714 Sekretär derselben. Er war ein vermögender Mann, ohne amtliche Stellung, der aber leider schon im besten Lebensalter 1731 an der Schwindsucht zu London starb.

Aufser der Methodus incrementorum hat **Taylor** noch ebenfalls im J. 1715 ein Werk über die Perspektive veröffentlicht: *New principles of linear perspective, London 1715*, welches, obwohl dieser rein mathematische Zweig der Optik von **Euklid** und **Ptolemaeus** Zeiten an durch das ganze Mittelalter hin eine beträchtliche Anzahl zum Theil recht ausgezeichneter Bearbeiter gefunden hatte, dennoch die Principien derselben wesentlich fester stellte. Er schrieb ferner in den Phil. Transact. 1713 über das Oscillationscentrum, sowie 1710 über die Wurfbewegung, deren Veröffentlichung in den Phil. Transact. aber erst 1721 erfolgte. Auch hat man verschiedene experimentelle Untersuchungen von ihm, so z. B. eine freilich nicht zum Ziele führende, über die wechselseitige Wirkung zweier Magnete, in Bezug auf ihren Abstand; ferner über die Aufsteigung des Wassers zwischen zwei senkrechten, einen kleinen Winkel einschliessenden Glasplatten, wobei er für die Kurve des Wassers eine Hyperbel fand (Phil. Transact. 1712), ein Gegenstand, der ein Jahr später von **Hawksbee** weiter verfolgt wurde. Endlich im J. 1713 noch einige Versuche über die Adhäsion des Wassers an festen Körpern, wobei er sich schon des Verfahrens bediente, welches später von **Musschenbroek, Guyton de Morveau, Achard** u. A. angewandt wurde, nämlich das Gewicht ermittelte, welches nöthig ist, um eine auf Wasser gelegte Platte von der Oberfläche desselben loszureifsen; er fand die Gewichte proportional der Fläche der Platten[1]).

---

[1]) Phil. Transact. für 1721; abridg. VI, 528.

322. Durch **Taylor's** Arbeit über die schwingenden Saiten ward der mathematischen Forschung ein ganz neues und weites Feld eröffnet, auf welchem die ersten Analytiker des vorigen Jahrhunderts ihren Scharfsinn erglänzen ließsen.

Taylor hatte gefunden, daſs eine gespannte Saite, wenn sie ein wenig abgelenkt worden, wie auch ihre Gestalt dabei anfangs beschaffen sein möge, doch nach wenigen Schwingungen die Gestalt einer verlängerten Cykloide, die er harmonische Kurve nannte, annehmen müsse, und er glaubte, daſs dies die einzige Kurve sei, in welcher isochrone Schwingungen vollbracht werden könnten, d. h. bei welcher alle Punkte der schwingenden Saite zu gleicher Zeit in der Axe anlangten. Das war ein Irrthum, in welchen auch **Joh. Bernoulli** verfiel, der nach **Taylor** zuerst das Problem der schwingenden Saiten vornahm.

D' Alembert berichtigte diesen Irrthum, und erweiterte zugleich die Lösung bedeutend, indem er in einer Abhandlung in den berliner Denkschriften von 1747 zeigte, daſs es nicht allein die Cykloide sei, welche der Aufgabe genüge, sondern daſs eine unendliche Zahl von Kurven dieselbe Eigenschaft besitze. Nun trat **Euler** auf und bewies in den Mém. de Berlin 1748, daſs die schwingende Saite nicht einmal die Gestalt einer durch eine kontinuirliche algebraische Gleichung ausgedrückten Kurve zu haben brauche, ja daſs die Kurve nicht einmal durch eine Gleichung ausdrückbar zu sein brauche, wie z. B. eine mit freier Hand gezogene Linie.

Diese Behauptung wurde von **d' Alembert** in den Mém. de Berlin 1750 angegriffen, und einige Jahre darauf (Mém. de Berl. 1753) trat **Dan. Bernoulli** zwischen beide, warf ihnen vor, daſs sie die Aufgabe zu abstrakt behandelt hätten, und behauptete die schwingende Saite habe immer die Gestalt einer Trochoide oder einer Kombination von Trochoiden. **Euler** lieſs nicht lange auf Antwort warten (Mém. de Berl. 1753); er gab **Dan. Bernoulli** in einigen Dingen Recht, bestand aber fest auf seiner

Meinung, dafs auch diskontinuirliche Kurven der Aufgabe genügen könnten.

Endlich mischte sich auch **Lagrange** in die Diskussion. Er fafste die Aufgabe in einer ganz neuen Weise an, durchaus unabhängig von der Hypothese, dafs der Anfangszustand der schwingenden Saite irgend einem Kontinuitätsgesetze unterworfen sei. Indem er die schwingende Saite nacheinander als aus einer endlichen und dann aus einer unendlichen Zahl von Theilchen bestehend ansah, kam er im ersten Fall zu dem Resultat von **Bernoulli**, im letzten zu dem von **Euler**.

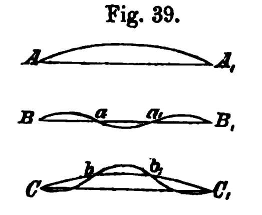
Aber selbst mit dieser Entscheidung war die Erörterung nicht beendet, im Gegentheil wechselten **Euler**, **Dan. Bernoulli**, **d'Alembert** und **Lagrange** noch manche Abhandlung gegen einander aus, deren nähere Betrachtung, so gut wie die der Italiener **Riccati** und **Zanotti** mehr in die Geschichte der Mathematik als der Physik gehört, und daher hier übergangen sein mag. Ich habe dies Alles nur angeführt, um einen ungefähren Begriff zu geben, wie sehr seit **Taylor**'s Zeit das Problem der schwingenden Saiten in die Breite und Höhe gewachsen ist.

323. In dem Bisherigen habe ich unter Schwingungen der Saiten stillschweigend immer Transversal- oder Querschwingungen verstanden, nicht sowohl weil von ihnen allein eine Anwendung in der Musik gemacht wird, als vielmehr weil in dem gröfsesten Theil des XVIII. Jahrhunderts aufser ihnen keine anderen bekannt waren, denn die Longitudinal-Schwingungen sind erst gegen Ende des genannten Jahrhunderts von **Chladni** entdeckt (§ 329), der auch die Kenntnifs der drehenden Schwingungen bis dahin läugnet. Man sehe: **Chladni** *Entdeckungen über die Theorie des Klanges, Leipzig 1787.*

Eine solche transversal schwingende Saite kann nun entweder ungetheilt schwingen Fig. 39 $AA_{\prime}$ oder in irgend eine Zahl von gleichen Theilen zerfallen, die nach entgegengesetzten Richtungen schwingen, Fig. 39 $BB_{\prime}$ und durch Stellen, die in Ruhe bleiben, sogenannte Knoten $aa_{\prime}$

getrennt sind. Im ersten Fall giebt die Saite ihren Grundton, im letzteren liefert sie höhere Töne, denen man verschiedene Namen gegeben hat: Flageolett-Töne (vom Italienischen Flagioletto, kleine Pfeife), harmonische-, Partial-, Aliquot-, Theil-, Bei-, Neben-, Ober-Töne. Endlich kann drittens der Fall eintreten, und das ist sogar der gewöhnliche, dafs beide Arten von Schwingungen oder Tönen zu gleicher Zeit auftreten, wie in CC' Fig. 39. Es geschieht dies eigentlich in der Regel, sobald nicht besondere Vorsicht für die Ausschliefsung der einen Schwingungsart getroffen wird.

Fig. 39.

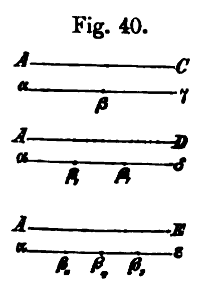


Gewöhnlich wird der Franzose **Sauveur** als der Entdecker dieser höheren Töne genannt, und wirklich hat er sie auch in den Mém. de Paris 1701 sorgfältig beschrieben. Von ihm stammt auch der nicht glücklich gewählte Name harmonische Töne her. Indefs hat man sie schon früher gekannt. So zunächst wurden sie ums J. 1674 zu Oxford von **William Noble** und **Thomas Pigot**, beide Schüler des berühmten **Wallis** entdeckt, welcher letztere auch darüber in den Philos. Transact. 1677 Nachricht gegeben hat, später auch in seiner Algebra II, p. 466.

Die Entdeckung geschah unter ganz interessanten Umständen. Es war zu jener Zeit schon bekannt, dafs wenn man auf einer Violine oder Laute eine Saite ertönen läfst, eine andere Saite in deren Nachbarschaft, die mit ihr in Unisono steht oder die Oktave von ihr giebt, ebenfalls zum Tönen kommt. Die Engländer nennen diese Töne sympathische, wir belegen den Vorgang mit dem Namen des Mittönens. Im Allgemeinen schrieb man sie schon damals einer Vermittelung der Luft zu, welche die Schwingungen der einen Saite auf die zweite übertrage. Aber wie der Vorgang eigentlich sei, namentlich wenn die beiden Saiten nicht im Einklang stehen, darüber hatte man noch keine Vorstellung.

Noble und **Pigot** spannten nun mehrere Saiten paarweis neben einander und gaben ihnen solche Spannung, dafs die eine im ersten Paar die Oktave, im zweiten die obere Quinte d. h. Duodecime, im dritten die Doppeloktave der neben ihr befindlichen angab. Sind z. B. in Fig. 40 $\alpha\gamma$, $\alpha\delta$, $\alpha\varepsilon$ auf den Ton c gestimmt, so waren es AC, AD, AE auf respektive $\bar{c}$, $\bar{g}$, $\bar{\bar{c}}$. Als nun **Noble** und **Pigot** auf die unteren Saiten $\alpha\gamma$, $\alpha\delta$, $\alpha\varepsilon$ leichte Papiersättel setzten und folgeweise verschoben, so fanden sie, dafs dieselben beim Ertönen der Nachbarsaite liegen blieben bezüglich in den Punkten β, $\beta_{,}$, $\beta_{,,}$.

Fig. 40.



Daraus schlossen sie, dafs in diesen Fällen die tiefer gestimmte Saite nicht ihrer ganzen Länge nach schwinge, sondern nur die Hälften, die Drittel, die Viertel derselben. **Wallis** macht noch dabei die Bemerkung, dafs eine Saite einen unreinen Ton gebe, wenn man sie in der Mitte, oder in den Dritteln, Vierteln u. s. w. anschlage oder streiche. Er fügt auch noch hinzu, dafs eine Saite nicht blofs zu einer Saite, sondern auch zu einem konsonirenden Ton eines Blase-Instruments z. B. einer Orgelpfeife mittönen könne.

Sauveur bediente sich zweier Verfahren zur Hervorbringung der höheren Töne. Erstlich machte er vom Mittönen Gebrauch, ganz in der Weise wie **Noble** und **Pigot**, dann aber brachte er sie einfach dadurch hervor, dafs er auf einem Monochord eine Saite ihren Grundton angeben liefs, und sie während des Schwingens ganz leise mit einem feinen Körper an den geeigneten Punkten berührte, z. B. in der Mitte, in einem Drittel, Viertel u. s. w., wenn er die Oktave, Duodecime, Doppeloktave u. s. w. haben wollte. Er machte die Theilung auch sichtbar, indem er auf die Ruhepunkte β, $\beta_{,}$, $\beta_{,,}$ in Fig. 40 weifse Papiersättel, und auf die Punkte in der Mitte von jenen schwarze Papiersättel setzte; wenn er dann in angegebener Weise

die Saite zum Tönen brachte, flogen die schwarzen Papiere ab, die weifsen aber blieben.

Sauveur nannte die Punkte, welche in Ruhe verharren, also β, $\beta_{,}$, $\beta_{,,}$ in Fig. 40, Knoten, noeuds, die dazwischen liegenden Ausbiegungen Bäuche, ventres, welche Namen in die Wissenschaft übergegangen sind. Er zeigte auch, dafs während eine Saite harmonische Töne giebt, noch höhere Töne ihr entlockt werden können, wenn man sie zwischen zwei Knoten an Stellen berührt, die aliquoten Theilen des Abstandes dieser Knoten entsprechen, ein Drittel oder Viertel z. B. zwischen $\beta_{,}$ und $\beta_{,}$.

Es gereicht **Sauveur** zur Ehre, dafs er, nachdem ihm die Beobachtungen von **Noble** und **Pigot** bekannt wurden, freiwillig auf die Ehre der Entdeckung der harmonischen Töne Verzicht leistete, obwohl ihm in der Beobachtungsweise immer noch Eigenthümliches bleibt. Genau genommen ist es auch nur die Hervorbringung der harmonischen Töne durch das Mittönen, worauf **Noble** und **Pigot** Anspruch machen können, während **Sauveur** die Darstellung derselben durch leise Berührung der schwingenden Saite zuerkannt werden mufs.

324. Eine dritte Erzeugungsweise, die ganz absichtslose, ist sogar noch älter. Sie wurde von **Mersenne** entdeckt, und von diesem schon im J. 1618 in seinen Oper. math. I, p. 355 im Kapitel *Von den Schwierigkeiten der Musik* beschrieben [1]). Wenn man nämlich eine Saite aufs Gerathewohl zum Ertönen bringt, so hört man erstlich ihren Grundton, allein sowie dieser erlischt, treten die harmonischen Töne, die etwas länger anhalten, hervor, und so kann man beim Verklingen mehrere davon vernehmen. **Mersenne** hörte vom Grundton ab den 12. und 17. Ton, d. h. den Ton, welcher aus der Theilung der Saite in 3 und 5 Theile entspringt. Dafs er den Ton der Theilung in 4, d. h. die Doppeloktave nicht hörte, geschah wohl, weil er sie mit dem Grundton verwechselte.

[1]) Matth. Young, An inquiry into the phenomena of sounds p. 110.

Mersenne hat viel Unrichtiges über die höheren Töne gesagt, aber **Descartes**, dem er die Beobachtung mittheilte, äufserte in seinen Briefen 75 und 106 sehr richtig, die Töne möchten dadurch entstehen, dafs die Saite, während sie schwingt, in Abtheilungen zerfalle, die für sich ihre Schwingungen vollbrächten. Er irrte aber darin, dafs er glaubte, eine solche Zerfällung der Saite und solches Beisammensein mehrerer Schwingungsarten fände sich nur bei einer falschen Saite [1]).

Uebrigens möchte man glauben, dafs nicht einmal **Mersenne** der erste Entdecker der harmonischen Töne ist; denn lange vor ihm gab es bereits ein Instrument, das wie gemacht dazu scheint diese Töne hervorzubringen, obwohl man vielleicht über die Entstehung derselben nicht nachgedacht hat. Es ist dies die sogenannte Meertrompete, erfunden in der Mitte des XVI. Jahrhunderts von dem Italiener **Marino** oder **Marigni**, daher sie auch wohl Marigni's Trompete genannt wird. Sie ist keine Trompete, überhaupt kein Blaseinstrument, sondern ein Saiteninstrument, eine Art Monochord.

Die Meertrompete stellt eine hohle dreikantige an der Basis offene Pyramide dar, aus drei dünnen Brettern, deren oberes den Resonanzboden bildet; zu dem Ende wird das Instrument horizontal gelegt, auf einer Kante ruhend. Nach der Spitze hin verläuft es in einen Hals mit einem Wirbel, um welchen eine einzige Saite geschlungen ist, welche über einen Sattel und einen Steg geht, hinter welchem sie befestigt ist. Der Steg ruht nur locker auf dem Resonanzboden, und dadurch bekommt der Ton der Saite etwas schnarrendes, trompetenartiges. Zwischen Sattel und Steg sind Erhabenheiten, welche diesen Raum in aliquote Theile theilen. Wird nun die Saite mit dem Bogen gestrichen, und dieselbe sanft gegen eine der Erhabenheiten mit dem Finger gedrückt, wobei die Schwingungen nicht dürfen unterbrochen werden, so entstehen

---

[1]) Chladni, Akustik, S. 206.

höhere Töne entsprechend der Länge des Saitenstücks zwischen dem Sattel und dem berührten Knoten. Es giebt

$\frac{1}{1}$ den Grundton,
$\frac{1}{2}$ die Oktave,
$\frac{1}{3}$ den 12. Ton, Duodecime,
$\frac{1}{4}$ den 15. Ton, Doppeloktave,
$\frac{1}{5}$ - 17. -
$\frac{1}{6}$ - 19. -
$\frac{1}{7}$ - 21. -
$\frac{1}{8}$ - 22. Ton, dreifache Oktave,

und so fort, woraus zu ersehen, daſs die Flageolett-Töne nicht auf dieselbe Weise entstehen, wie die gewöhnlichen aus ungetheilten Saiten. Bei der Theilung vom Sattel nach der Mitte hin nehmen erstere an Höhe ab, über die Mitte hinaus wieder zu [1]).

Als musikalisches Instrument ist die Meertrompete nur von geringer Wirkung, da nur solche Stücke darauf spielbar sind, deren Noten unter den höheren Tönen vorkommen, theoretisch ist es aber sehr interessant und lehrreich. — Auch die Wirkung der Aeolsharfe beruht auf dem Zerfallen der schwingenden Saite in Unterabtheilungen.

325. Obwohl nun die Flageolett-Töne zu Anfang des XVIII. Jahrhunderts sowohl von praktischer wie theoretischer Seite bekannt waren, so fehlte man doch noch häufig dadurch, daſs man einerseits die von ihnen abhängigen Erscheinungen nicht richtig erkannte, und daſs man sie andererseits dort eine Rolle spielen lieſs, wo sie gar nicht in Betracht kamen.

So u. A. hat **de la Hire** in den Mém. de Paris 1716 und später **Christ. Benedikt Funk**, Professor der Physik an der Universität Leipzig in seiner *Dissert. de sono et tono, Lips. 1779* die Ansicht vorgetragen, daſs der Klang einer Saite oder eines Stabes nicht von Schwingungen der ganzen Saite oder des ganzen Stabes herrühre, sondern von dem Erzittern ihrer kleinsten Theilchen, also von Molekular-

1) Chladni, Akustik, S. 69.

schwingungen. **De la Hire** stützt sich hierbei auf die Thatsache, daſs eine Feuerzange zwar klingt, wenn man sie anschlägt, nicht aber wenn man ihre beiden elastischen Schenkel mit den Fingern zusammendrückt und dann losläſst, obwohl sie dabei in Schwingung gerathen. Er übersah aber, daſs im letzten Fall die Schenkel, wo sie ganz schwingen, viel zu langsame Schwingungen machen, um gehört werden zu können, daſs dagegen im ersten Fall gar nicht die einzelnen Atome der Zange schwingen, wohl aber aliquote Theile in Schwingungen versetzt werden, und somit Flageolett-Töne hervorbringen.[1])

Ein anderer Irrthum, der sich im ganzen XVIII. Jahrhundert weit verbreitet zeigt, bestand darin, daſs man glaubte, das Mitklingen der mit der natürlichen Zahlenfolge übereinkommenden Flageolett-Töne sei eine wesentliche Eigenschaft aller tönenden Körper, aus diesem entspringe das Konsoniren und Dissoniren gewisser Töne, und es bedinge den wesentlichen Unterschied zwischen einem Ton und einem Geräusch.

Wenn diese Ansicht richtig wäre, so würde es natürlich gar keine einfachen Töne geben können, aber die Unrichtigkeit derselben, die übrigens schon **Lagrange** in seiner Abhandlung *Recherches sur la nature et la propagation du son, Misc. Soc. Taur. 1759* rügte, geht sehr bestimmt daraus hervor, daſs man mit der gehörigen Vorsicht sehr wohl eine Saite auf solche Weise zum Ansprechen bringen kann, daſs bloſs der Grundton und keiner der höheren Töne zum Vorschein kommt. Dies ist z. B. der Fall, wenn man die Saite in einem ihrer aliquoten Theilpunkte streicht, während man harmonische Töne erhält, wenn dies leise mitten zwischen den Knotenpunkten geschieht.

Dennoch findet sich die erwähnte Ansicht in seiner Zeit sehr berühmten Werken, z. B. in *Anfangsgründe der Naturlehre, Gött. 1772* von **Erxleben**, weiland Professor der Physik zu Göttingen, ein Buch, das 6 Auflagen erlebte,

[1]) Chladni, Akust. S. 114; Fischer, Gesch. d. Phys. II, 491.

und welches **Lichtenberg**, der Nachfolger von **Erxleben**, seinen Vorlesungen zum Grunde legte. Ferner in *Allgemeine Theorie der schönen Künste* des als Philosophen und Aesthetiker so berühmten **Sulzer**, der in Berlin viele Jahre Professor der Mathematik am Joachimsthal'schen Gymnasium und Mitglied der Akademie war (geb. 1720 zu Winterthur in der Schweiz, gest. 1779 zu Berlin).

Ja selbst **Rameau**, der berühmteste theoretische Musiker Frankreichs im XVIII. Jahrhundert, gründete sein ganzes System der Harmonie auf die erwähnte Ansicht. **Jean Philippe Rameau** war geb. 1683 zu Dijon, und starb 1764 zu Paris als Kapellmeister des Königs. Er schrieb aufser vielen Aufsätzen in scientifischen und artistischen Journalen 15 besondere Werke über theoretische Musik, darunter auch sein *Traité d'harmonie, Paris 1722*, wozu ein Aufsatz *Principe d'harmonie* in den Mém. de Paris 1750 einen Nachtrag bildet. Hierin ist eben das Princip enthalten, weshalb er sehr mit Unrecht von seinen Zeitgenossen der **Newton** der Harmonie genannt worden ist. **Rameau** war auch ein fleifsiger Komponist; allein an Opern hat er 22 komponirt. Sein Geschmack ist aber jetzt veraltet und wohl mit Recht, denn welche Anforderungen er an eine Komposition machte, läfst sich daraus abnehmen, dafs er einst selbstgefällig äufserte: Man gebe mir eine holländische Zeitung und ich setze sie in Musik!

Während so die Physiker und theoretischen Musiker mancherlei unrichtige Ansichten über die harmonischen Töne hatten, mufs man indefs zugeben, dafs die Physico-Mathematiker, welche das Problem von den schwingenden Saiten zum Gegenstand ihrer Spekulationen machten, in Betreff dieser Töne auch noch eine wichtige Frage unerledigt liefsen. Zwar gab **Bernoulli** über die nächste Entstehung der harmonischen Töne durch Theilung der Saite in aliquote Theile dieselbe Erklärung wie **Descartes**, und dieser Ansicht trat auch **Euler** bei, aber auf welche Weise und warum eine Saite sich beim Schwingen in aliquote Theile theilt, darüber konnten die beiden grofsen Mathe-

matiker keinen Aufschlufs ertheilen. Das warf ihnen schon **d'Alembert** vor, ohne selbst die Frage beantworten zu können.

Einige stellten physiologische oder psychologische Gründe auf, noch andere, wie der Irländer **Matthew Young** in seinem hübschen Buch: *An inquiry into the phenomena of sounds and musical strings, Dublin 1784,* stellten die Rückwirkung der Luft auf die schwingende Saite als Ursache hin, bis endlich **Thomas Young** in den Philos. Transact. 1800 die annehmbarste Erklärung gegeben hat, nämlich die Reaktion der Theile der Saite auf einander in Folge der Art, wie sie zum Tönen angeregt wird.

Matthew Young, geb. 1750 in County Roscommon, Irland, gest. 1800 zu Withworth, Lancashire, war Professor der Physik am Trinity College zu Dublin bis zu seiner Ernennung zum Bischof von Clonfert und Kilmacduach in Irland. — **Thomas Young** 1773 zu Milverton, Somersetshire geboren, war seit 1800 praktischer Arzt in London, dabei Professor der Physik an der Royal Institution sowie Mitglied und Sekretär der Royal Society, später auch des Board of longitude. Er starb 1829 zu London.

326. Die Flageolett- oder Obertöne, von denen ich bisher gesprochen habe, werden von den Franzosen und Engländern, wenn sie dieselben genau bezeichnen wollen, die hohen harmonischen Töne genannt, um sie zu unterscheiden von anderen, welche sie mit dem eben nicht passenden Namen der tiefen harmonischen Töne belegen. Die Entdeckung dieser letzteren, welche nur entstehen, wenn zwei Töne von passendem Intervall zugleich angestimmt werden, ist viel späteren Datums als die der hohen harmonischen Töne, und wird gewöhnlich dem Italiener **Tartini** zugeschrieben, daher man sie auch in der Regel die tartinischen Töne, auch Kombinationstöne nennt.

Wenn man den Grundsatz festhalten will, dafs veröffentlichte Druckschriften die alleinig zulässigen Data in der Geschichte der Wissenschaften bilden, so kann jedoch **Tartini** nicht auf die Priorität dieser Entdeckung Anspruch machen, denn er publicirte sie erst in dem Werke: *Trattato*

di musica secondo la vera scienza dell' armonia, Padova 1754. Aber schon 1753 hat der Franzose **Romieu** der Akademie der Wissenschaften zu Montpellier von dem Mitklingen solcher tiefen Töne Nachricht gegeben, ja unser Landsmann **Georg Andreas Sorge** (1703—1778), Organist zu Lobenstein, hat noch ältere Ansprüche, denn in seiner *Anweisung zur Stimmung der Orgelwerke und des Klaviers, Hamburg 1744* und schon in seinem *Vorgemach der musikalischen Komposition, Hamburg 1740* ist von diesen Tönen die Rede.[1])

Allein in einer Schrift: *Dissertazione dei principi dell' armonia musicale contenuta nel diatonico genere, Padova,* die freilich erst 1767 erschienen ist, sagt **Tartini**, dafs er den tiefen Ton, der sich beim Anstimmen zweier Töne hören läfst, und den er selbst daher immer terzo suono nennt, schon im J. 1714 zu Ancona auf der Violine entdeckt, und von der Zeit an sehr viele Musiker und Gelehrte damit bekannt gemacht habe. Wenn dem so ist, was wir nicht bestreiten können, so bliebe also doch **Tartini** die Ehre der ersten Entdeckung.

Tartini kann indefs nur das Faktische der Beobachtung als seine Entdeckung in Anspruch nehmen, und das selbst nicht einmal ganz, denn er hat den dritten Ton, welcher beim Anstimmen von zweien gehört wird, immer bei allen seinen Versuchen um eine Oktave zu hoch angegeben. So sagt er, wenn man eine Quinte angebe, z. B. *c* und *g*, so stehe der dritte Ton mit dem tieferen von beiden im Einklang, sei also *c*, er ist aber in Wahrheit *C* [2]). In diesen Fehler sind **Romieu** und **Sorge** nicht verfallen. Ueberdies hat **Tartini** auf seine dritten Töne ein ebenso naturwidriges System der Harmonie erbaut, wie **Rameau** auf die Flageolettöne. Man wird dies jedoch **Tartini** einigermafsen verzeihen, wenn man weifs, dafs er

---

[1]) Chladni, Akust. Zusatz, S. 73.
[2]) Matth. Young, An inquiry etc., p. 185.

gleich **Rameau** kein Physiker, sondern ein ausübender Künstler war.

Von einer Theorie der tartinischen Töne ist bei **Tartini** selbst, so wenig wie bei **Romieu** und **Sorge**, die Rede; indeſs gab es eine Erscheinung, die, wie man glauben sollte, auf die Ursache dieser Töne hätte führen müssen. Es war nämlich den Orgelbauern zu Ende des XVII. Jahrhunderts eine längst bekannte Sache, daſs wenn zwei Orgelpfeifen von tiefem aber doch ein wenig verschiedenem Ton zugleich angestimmt werden, sich Schläge oder Stöſse von beträchtlicher Stärke vernehmen lassen. Sie wuſsten sich aber die Veranlassung nicht zu erklären, oder suchten wohl nicht einmal nach einer Erklärung. Da erfuhr **Sauveur** die Sache, und sein Scharfsinn errieth sogleich, daſs die Schläge (battements) aus einer Koincidenz der Schwingungen beider Töne hervorgehen.

Wenn nämlich in einer gewissen Zeit der eine Ton acht Schwingungen macht, und der andere neun, so ist klar, daſs nach Ablauf eines jeden solchen Zeitintervalls zwei Schwingungen zusammenfallen, und somit eine Verstärkung des Tones hervorbringen, die als einzelne getrennte Schläge oder Stöſse hervortreten müssen, wenn sie durch hinreichend groſse Zeiträume getrennt sind. **Sauveur** ging noch weiter; er suchte diese Stöſse oder Schwebungen, wie man sie jetzt nennt, als Mittel zur Bestimmung der Schwingungszahl eines Tones zu benutzen. Hatte er nämlich einen Ton, von dem er wuſste, daſs er 32 Schwingungen in der Sekunde mache, und daneben einen zweiten etwas höheren, der mit dem ersteren gleichzeitig angestimmt 4 Schläge in der Sekunde gab, so schloſs er, daſs acht Schwingungen des ersten eine gleiche Zeit erforderten wie neun vom letzteren, daſs dieser mithin 36 Schwingungen in der Sekunde mache. **Sauveur** veröffentlichte dies in den Mém. de Paris vom J. 1700.

Lange sah man zwischen diesen Schlägen und den tartinischen Tönen keinen Zusammenhang, bis endlich **Lagrange** in seiner mehrmals erwähnten Abhandlung von

1759 darlegte, dafs die letzteren Töne ebenfalls aus einer Koincidenz der Schwingungen beider erzeugenden Töne entstehen. Der einzige Unterschied zwischen den tartinischen Tönen und **Sauveur's** Schlägen besteht darin, dafs, weil bei den ersten die erzeugenden Töne ein relativ grofses Tonintervall zwischen sich fassen, die Stöfse schneller auf einander folgen, so schnell, dafs sie das Ohr nicht mehr einzeln, sondern als Ton wahrnimmt. In dem einen Fall ist die Zahl der Schläge und in dem anderen die Zahl der Schwingungen gleich dem Unterschied der Schwingungszahlen beider erzeugenden Töne.

327. Sauveur beschäftigte sich auch damit ein absolutes Tonmafs aufzufinden. Er hatte ausgemittelt, dafs eine offene Orgelpfeife von fünf Fufs Länge einen Ton gab, welchem 100 Doppelschwingungen in der Sekunde entsprachen. Zu diesem Zweck hatte er zwei etwa 5 Fufs lange Pfeifen genommen, und die eine durch einen Schieber so verkürzt, dafs ihre Längen das Verhältnifs 99 : 100 erhielten; sie gaben dann 1 Schlag in der Sekunde. Diesen Ton von 100 Doppel- oder 200 einfachen Schwingungen wollte **Sauveur** als fixen Punkt angesehen wissen, fand aber keinen Beifall damit. Uebrigens hatte gleichzeitig **Brook Taylor** mit seiner bereits früher besprochenen Formel (§ 321) ein viel exakteres Mittel als **Sauveur** für die Bestimmung eines absoluten Tonmafses angegeben, indem sich danach aus Länge, Gewicht und Spannung einer Saite ihr Ton in absolutem Mafse festsetzen läfst. Es scheint jedoch nicht, dafs **Taylor** selbst eine solche Anwendung von seiner Formel gemacht habe; diese findet sich zuerst bei **Euler** in seinem Werke *Tentamen novae theoriae musicae, Petrop. 1739*, worin überhaupt die ganze Musiklehre zuerst wissenschaftlich und umfassend vorgetragen wird. Die Aufgabe ein absolutes Tonmafs herzustellen, hat später noch mehrfache Untersuchungen veranlafst, und ist auf verschiedene Weise zu lösen versucht worden.

Auch die Gränzen der Hörbarkeit der Töne suchte **Sauveur** zu bestimmen. Als tiefsten noch hörbaren Ton

fand er den einer offenen Orgelpfeife von 40 Fuſs Länge. Da nun diese nach der oben genannten Bestimmung achtmal weniger Schwingungen als sein fixer Ton machen muſste, so nahm er an, der tiefste hörbare Ton mache $12\frac{1}{2}$ Doppelschwingungen in der Sekunde. Den höchsten noch hörbaren Ton erhielt er von einer Pfeife, die 64 mal kürzer als die Normalpfeife war, ihm entsprachen also 6400 Doppelschwingungen. Auch **Euler** beschäftigte sich mit der Bestimmung der Gränzen der Hörbarkeit und spricht davon in dem vorher genannten Werk, aber seine Angaben schwanken sehr. Er fand

	für den tiefsten Ton	den höchsten Ton
anfangs	30 Schwingungen	7520 Schwingungen
später	20 -	4000 -

etwa acht Oktaven umfassend.

Sauveur's und **Euler's** Angaben über die Hörbarkeitsgränzen weichen beträchtlich ab von den Resultaten neuerer Physiker. So zunächst was die Gränze in der Tiefe betrifft, so sagt **Wollaston** [1]), daſs sie gar nicht scharf bestimmbar sei, daſs das menschliche Ohr noch für Schwingungen Empfindung zeige, die schon bloſse Stöſse geworden seien, und sich einzeln zählen lassen. **F. Savart** [2]) ist auch der Meinung, daſs die Gränze in der Tiefe unbestimmbar sei, aber er glaubte doch noch, daſs aus 16 einfachen Schwingungen ein für das Ohr vernehmbarer musikalischer Ton entspringe. Diese Meinung ist neuerlich (1845) von **Despretz** als irrig bezeichnet. Er behauptet, man könne keine tieferen Töne vernehmen, als die von 32 einfachen Schwingungen, und selbst bei diesen sei schon die Bestimmung der Tonhöhe oder vielmehr der Tiefe nicht mehr sicher. Der tiefste bestimmbare Ton sei der von 96 einfachen Schwingungen, und danach hält **Despretz** ebenfalls die Angabe von **Sauveur** für fehlerhaft.

[1]) Philosoph. Transact. f. 1820.
[2]) Ann. Chim. et Phys. XLVII. LXIX. An 1831.

Ebenso schwanken die Angaben hinsichtlich der Gränzen in der Höhe, obwohl sie dieselben viel weiter hinausrücken als **Sauveur** und **Euler. Wollaston** betrachtet hier als letzten hörbaren Ton die Stimme einer Fledermaus oder eines Feldheimchens, und da er diese 600 bis 700mal höher schätzt als den tiefsten Ton einer Orgel, so würde daraus folgen, dafs die obere Gränze auf 19000 bis 22000 Schwingungen falle. **Chladni** setzte sie gleichfalls auf 22000. **Savart** erhielt je nach der Art des Tons verschiedene Resultate; Pfeifen gaben die obere Gränze schon bei 20000 einfachen Schwingungen, longitudinal ertönende Glasstäbe bei 32 bis 33000, gezähnte Räder bei 48000 solcher Schwingungen.

Diese letztere schon zwei Oktaven höhere Gränze als die Sauveur'sche hat **Despretz** [1]) nun noch weiter ausgedehnt. Er behauptet, dafs Stimmgabeln, die 65536 einfache Schwingungen in der Sekunde machen, noch einen klassificirbaren Ton liefern, ja er setzt sogar die Gränze eines blofs vernehmbaren Tones auf 73700 einfache Schwingungen. Sicherlich kommt dabei vieles auf die Stärke und Natur des Tones, sowie auf die Empfindlichkeit des Ohres an. Jedenfalls ersieht man daraus, dafs das Menschenohr in seiner Empfänglichkeit für Töne viel umfangreicher ist als das Auge für das Licht.

328. Joseph Sauveur ward geboren 1653 zu La Flêche, wo sein Vater Notar war. Seine Erziehung erhielt er im dortigen Jesuitenkollegium, wo auch **Descartes** und **Mersenne** gewesen waren. Er fand aber keinen Geschmack an der Rhetorik und den alten Poeten, entwickelte jedoch mehr Sinn für Mathematik und Mechanik, den er schon als Knabe durch Anfertigung von allerlei kleinen Maschinen bekundet hatte. Als er herangewachsen war, erwachte in ihm die Begierde sein Glück in Paris zu versuchen, wohin er sich denn zu Fufs auf den Weg machte, da es

---

[1]) Observations sur la limite des sons graves et aigus. Comptes rendus T. XX, 1845.

ihm an andern Reisemitteln fehlte. Der Einfluſs eines Onkels bestimmte ihn sich dem geistlichen Stande zu widmen, allein durch Zufall fielen ihm bald nach seiner Ankunft in Paris der **Euklid** und **Rohault's** Physik in die Hände, und nun war es mit der Theologie bei ihm aus. Er suchte zunächst durch Unterricht in der Mathematik sich seinen Unterhalt zu verdienen, und sein umgängliches Wesen verschaffte ihm viele angenehme und nützliche Bekanntschaften.

Im J. 1680 wurde er Lehrer der Mathematik für die Pagen der Mme. la Dauphine, 1681 lernte er **Mariotte** kennen, und unterstützte denselben bei dessen Versuchen an den Wassern von Chantilly, wobei er wiederum Gelegenheit hatte sich die Gunst des Prinzen Louis von Condé zu erwerben. 1686 erhielt er die Professur der Mathematik am Collège royal. Von einer hohen Militärperson aufgefordert ein Lehrbuch der Fortifikationskunst zu schreiben, machte er um die Sache praktisch kennen zu lernen im J. 1691 die Belagerung von Mons mit, und zeichnete sich dabei durch Muth und Umsicht aus.

Zurückgekehrt nach Paris beschäftigte er sich mit allerlei Arbeiten der angewandten Mathematik, er lieferte Tafeln für den Ausfluſs des Wassers aus Röhren, Karten der französischen Küsten, Methoden den Kubikinhalt von Fässern zu finden u. s. w. Diese Arbeiten mögen Veranlassung geworden sein, daſs man ihn 1696 zum Mitglied der Akademie erwählte, obwohl er bis dahin noch nichts Eigenes in der Wissenschaft geleistet hatte, was die Wahl rechtfertigte. Allein man hatte sich in ihm nicht geirrt; von nun an warf er sich auf die Akustik und mit solchem Erfolg, daſs man wohl sagen kann, er habe darin, wenigstens für Frankreich, eine Art Epoche begründet. Die Mém. de Paris hat er zwar nicht mit vielen, aber für die Zeit sehr schätzbaren Abhandlungen bereichert.

Sauveur starb im 63sten Lebensjahr 1716 zu Paris. Es ist merkwürdig, daſs ein Mann, der so regen Trieb zur Akustik und theoretischen Musik besaſs, doch von der

Natur zu diesen Beschäftigungen so stiefmütterlich ausgestattet war. Bis zu seinem 7ten Jahr war er stumm, und auch von da an entwickelte sich sein Sprachorgan nur sehr langsam; zeitlebens hatte er eine falsche Aussprache und ein falsches Gehör, weshalb er sich denn auch von Musikern bei seinen Untersuchungen mufste unterstützen lassen, um die Intervalle und Akkorde der Töne richtig zu bestimmen. **Sauveur** stellt darin ein Seitenstück dar zu dem Engländer **Nicol Saunderson** (geb. 1682 zu Thurlston, Yorkshire, gest. 1739 als Professor der Mathematik zu Cambridge), der schon im ersten Jahr seines Lebens durch die Blattern erblindete, und doch eine Optik schrieb!

Giuseppe Tartini, geb. 1692 zu Pirano in Istrien, war von seinen Eltern zum geistlichen Stand bestimmt. Allein weder im ersten Jugendunterricht noch später auf der Universität Padua, wo er die Theologie gegen die Jurisprudenz vertauschte, zeigte er eine sonderliche Neigung zu den Wissenschaften, dagegen desto mehr Hang zu einem wilden ausschweifenden Lebenswandel. Besonders war das Fechten ein Lieblingsvergnügen für ihn, welches ihn so einnahm, dafs er den Entschlufs fafste, in einer gröfseren Stadt Italiens eine Fechtschule zu errichten.

Einen besonderen Incidenzpunkt seines Lebens bildete eine heimliche Ehe, welche er mit einer Musiklehrerin einging. Die Verbindung kam zur Kenntnifs seines Onkels, des Kardinals Cornaro, der Bischof von Padua war, und darüber in heftigen Zorn gerieth. Vor dessen Folgen sich fürchtend hielt **Tartini** es für gerathen seine Gemahlin in Stich zu lassen, und seine Zuflucht zum Kloster von Assisi zu nehmen. Hier lebte er zwei Jahre in tiefster Verborgenheit, und wie die klösterliche Stille ihn ernster und sefshafter machte, so rief der Umgang mit einem musikalisch gebildeten Pater seine frühere Neigung zur Musik wieder hervor. Er legte sich nun mit wahrem Feuereifer auf diese Kunst, und wurde bald ein vollendeter Virtuose auf der Violine.

Unterdeſs hatte sich der Zorn seines Onkels besänftigt und **Tartini** durfte es wagen nach Padua zurückzukehren. Alle Welt war entzückt von seinem Spiel, und der Ruf davon verbreitete sich bald durch ganz Italien. Er wurde nach Venedig berufen als Mitglied der dort vom König von Polen gegründeten musikalischen Akademie, und von 1714 bis 1721 übernahm er eine ähnliche Stellung in Ancona. Hier in Ancona war es, wo er seiner Angabe nach im J. 1714 den terzo suono entdeckte. 1721 ernannte man ihn zum Maestro des Orchesters der Kirche des St. Antonius in Padua, und 1723 ward er nach Prag berufen, um dort bei der Krönung Kaisers Karl VI. die musikalischen Feierlichkeiten zu dirigiren. Nach zweijährigem Aufenthalt in Prag kehrte er nach Padua zurück, und gründete hier 1728 ein musikalisches Institut, dem er bis an sein Lebensende vorstand, und das durch die bedeutende Anzahl der daraus hervorgegangenen Virtuosen eine groſse Berühmtheit erlangte. **Tartini** starb daselbst in hohem Alter 1770.

329. Die Akustik ist unter den verschiedenen Feldern der mechanischen Physik dasjenige, welches am längsten brach lag, das aber, nachdem man durch **Newton** und besonders durch **Taylor** auf die Fruchtbarkeit desselben aufmerksam gemacht worden war, mit verhältniſsmäſsig groſser Schnelligkeit angebaut und ausgebeutet wurde. Seine Kultur gehört fast ausschlieſslich dem XVIII. Jahrhundert, welches dem XIX., wenigstens in theoretischer Beziehung, nur eine spärliche Nachlese übrig gelassen hat. Dies gilt zunächst von dem Problem der schwingenden Saiten, welches namentlich durch die zahlreichen Arbeiten von **Dan. Bernoulli** und **Euler** fast nach jeder Richtung hin erforscht, wenn auch nicht grade immer erschöpft worden ist. **Euler** z. B. behandelte nicht nur die Schwingungen einer Saite, die in einer Ebene geschehen, sondern auch diejenigen, die nach Art des konischen Pendels im Raume vollführt werden, und er zeigte, daſs solche rotirenden Bewegungen, die übrigens in der Praxis häufig

sind, sich aus linearen Schwingungen zusammensetzen lassen, was auch interessant ist wegen der Analogie mit gewissen Schwingungen des Lichtäthers.

Von den Saiten ging man zu den Membranen über, die gleich den Saiten die Kraft zum Schwingen allein durch Spannung erhalten, wenigstens nur unter dieser Voraussetzung untersucht worden sind, wenn man einige neuere Arbeiten ausnimmt. Der erste, welcher die Gesetze einer schwingenden Membran, nämlich eines gespannten Paukenfells in Untersuchung nahm, war der Graf **Giordano Riccati** in den Saggi dell' Accad. di Padova, T. I, 1786. Derselbe hat auch ein sehr schätzbares Buch über die Saiten geschrieben: *Delle corde ovvero delle fibre elastiche, Bologna 1767.* — Graf **Giord. Riccati** wurde geb. 1709 zu Castelfranco bei Treviso und starb 1790 zu Treviso. Er hat sich als Mathematiker, Architekt und Musiker rühmlichst bekannt gemacht. Sein Bruder **Vincenzo** (1707 bis 1775) bekleidete 30 Jahre die Professur der Mathematik in Bologna, und auch der Vater Graf **Jacopo Riccati** (1676 bis 1754) war ein ausgezeichneter Mathematiker.

Nach den Saiten und Membranen, die zur Schwingungsfähigkeit einer äufseren Spannung bedürfen, kommen diejenigen festen Körper in Betracht, die durch eigene Rigidität und Elasticität zu schwingen vermögen, zunächst also Stäbe und Scheiben.

Die Stäbe können auf dreierlei Art schwingen: transversal, longitudinal und drehend.

Die transversalen Schwingungen sind zuerst von **Dan. Bernoulli**, später und vollständiger von **Euler** untersucht worden. Es sind dabei mehrere Fälle zu unterscheiden; die Enden des Stabes sind nämlich entweder beide fest oder frei, oder das eine Ende ist fest und das andere frei oder angestemmt, oder das eine ist angestemmt und das andere frei oder auch angestemmt. Sind die Stäbe an beiden Enden eingeklemmt, so schwingen sie nach den bei Saiten geltenden Gesetzen, und die Steife des Stoffes ersetzt die den Saiten zu gebende Spannung. Ueber den

Fall, wo beide Enden frei sind hat **Giord. Riccati** schätzbare Untersuchungen angestellt [1]).

Solche Transversalschwingungen kommen vor bei der Eisenvioline, auch Nagel- oder Stiftgeige, bei welcher eiserne Stäbe in einem Halbkreise auf einem Resonanzboden senkrecht stehend befestigt sind, und mit einem Violinbogen gestrichen werden. Das Instrument ist von **Joh. Wilde** in Petersburg in der Mitte des XVIII. Jahrhunderts erfunden [2]). Ferner wendet man derartige Schwingungen an bei der sogenannten Strohfidel, bei welcher schmale Streifen von Holz oder Glas auf zusammengedrehtes Stroh gelegt und mit einem hölzernen Klöppel geschlagen werden; sie soll aus Flandern stammen. Auch die Glasharmonika, die Spieluhren und Spieldosen sind hier noch zu nennen, vor Allem aber die Stimmgabel.

Die longitudinalen Schwingungen wurden von **Chladni** entdeckt und in der Abhandlung: *Ueber die Longitudinal-Schwingungen der Saiten und Stäbe, Erfurt 1796* von ihm beschrieben. An Saiten hatte er diese Schwingungen schon früher bekannt gemacht in der Schrift: *Neue Entdeckungen über die Theorie des Klanges, Leipzig 1787* und dann ausführlicher in: *Berliner musikalische Monatsschrift 1792.* Die wichtige und sinnreiche Anwendung von diesen Schwingungen, nämlich die Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in festen Körpern veröffentlichte er zuerst 1797 unter dem Titel: *Ueber Longitudinalschwingungen und über die Fortleitung des Schalles in festen Körpern* in **Voigt**'s Magazin d. Naturkunde I, 1, und umfassender in seiner *Akustik, Leipzig 1802.* Er fand die Schallgeschwindigkeit, wenn sie in der Luft = 1 gesetzt wird, in

Zinn $7\frac{1}{2}$	Kupfer 12	Glas 17
Silber 9	Eisen 17	Verschied. Hölzer 11—17.

[1]) Chladni, Akustik, S. 94.
[2]) Bindseil, Akustik, S. 185.

Endlich machte **Chladni** die Entdeckung der drehenden Schwingungen eines Stabes, welche er 1799 in Bd. II der *Neuen Schriften der Gesellschaft naturforsch. Freunde in Berlin* veröffentlichte.

Was die Schwingungen einer Scheibe betrifft, so wurden auch sie zuerst von **Chladni** in Untersuchung genommen. Die Resultate derselben, worunter besonders die Entdeckung der Klangfiguren **Chladni's** Namen verewigen wird, wurden zuerst in der oben genannten Schrift von 1787 publicirt, und späterhin erweitert in der Akustik von 1802.

330. Die Schwingungen der Luft, deren empirische Kenntniſs natürlich so alt ist als die der Blaseinstrumente, haben ihre wissenschaftliche Untersuchung erst in der zweiten Hälfte des XVIII. Jahrhunderts gefunden, hauptsächlich durch nachgenannte Schriften; **Lagrange:** *Sur la propagation du son, Miscell. Societ. taurin. I u. II, 1759, 1762;* **Dan. Bernoulli:** *Sur le son et sur les tons des tuyaux d'orgues differemment construits, Mém. de Paris 1762;* **Euler:** *Nov. Comment. Acad. Petrop. XVI, 1771;* **Giord. Riccati:** *Delle corde etc., Bologna 1767;* **Lambert:** *Sur les flûtes, Mém. de Berlin 1775.*

Auch die Instrumente, in denen Luft zugleich mit einem festen Körper in tönende Schwingungen versetzt wird, wie z. B. die Zungenpfeifen, von denen die mit frei durchschlagender Zunge ums J. 1780 von **Kratzenstein** zu Petersburg erfunden zu sein scheinen, wurden von **Euler** einer mathematischen Untersuchung unterworfen (Acta Petrop. 1779), die in neuerer Zeit durch **W. Weber** [1]) namentlich in experimenteller Beziehung eine wesentliche Erweiterung erfuhr.

Nachdem man mehrere der künstlichen Gase kennen gelernt, wurden auch diese in Bezug auf ihre akustischen Eigenschaften untersucht. Der unermüdliche **Priestley**, der selbst eine so ansehnliche Zahl neuer Gase entdeckte, brach

[1]) Theorie der Zungenpfeifen, Poggend. Ann. XVII, 193 (1829).

hier die Bahn. Er stellte die ersten Versuche an über die Stärke, mit welcher sich der Schall in verschiedenen Gasen verbreitet [1]). Er stellte eine Glocke mit Hammer unter eine mit der zu untersuchenden Gasart gefüllte Glasglocke und ermittelte, in welcher Entfernung der Schall noch gehört werden konnte. In Wasserstoff fand er den Schall fast so schwach wie im Vakuum, in Sauerstoff lauter als in Luft, und in kohlensaurem Gas konnte er ihn nahe anderthalb mal weiter hören als in Luft. **Priestley** schlofs daraus, dafs die Stärke der Fortpflanzung des Schalles in den Gasen im Ganzen der Dichte oder dem spec. Gewicht derselben proportional sei.

Später nahm **Perolle** diese Untersuchung wieder auf, und verfuhr dabei in derselben Weise [2]). Er fand, die Stärke der Fortpflanzung des Schalles in der atm. Luft = 1 gesetzt, für

Sauerstoff	1,135	Kohlensaures Gas	0,82
Salpetergas	1,23	Wasserstoffgas	0,234,

was freilich von **Priestley's** Angaben besonders bei der Kohlensäure abweicht.

Endlich stellte unser Landsmann **Chladni** auch die ersten Versuche über die Geschwindigkeit der Schallfortpflanzung in verschiedenen Gasen an, und zwar auf die sinnreiche Weise, dafs er Orgelpfeifen mit diesen Gasen ansprechen liefs. Die ersten unvollkommenen Versuche machte er 1798 in **Voigt's** Mag. d. Naturkunde I, St. 3, S. 65 in der Abhandlung *Ueber die Töne einer Pfeife in verschiedenen Gasarten* bekannt, genaueres theilte er in seiner Akustik von 1802 mit, woraus u. A. hervorging, dafs von den untersuchten Gasen der Schall in Kohlensäure am langsamsten und in Wasserstoff am schnellsten fortgepflanzt wird.

Der um die Akustik so vielfach verdiente **Ernst Florens Friedrich Chladni** wurde 1756 zu Wittenberg geboren und

[1]) Experiments and observations etc. Lond. 1779.

[2]) Mém. de l'Acad. de Toulouse 1781.

starb 1827 zu Breslau. Er war Dr. phil. und jur., bekleidete keine amtliche Stellung, sondern lebte von dem Ertrage seiner Werke und akustischen Vorlesungen, die er an verschiedenen Orten hielt, daher er auch viel auf Reisen war. Aufser seinen zahlreichen akustischen Arbeiten hat er sich auch einen Namen gemacht durch seine schätzbaren Forschungen über Feuermeteore und die Pallas'sche Eisenmasse. Ueberdies ersann er zwei musikalische Instrumente, Euphon und Clavicylinder, bei denen Stäbe, wie bei einer Harmonika, zum Tönen gebracht werden. Bei dem Clavicylinder sind dieselben aus Holz, bei dem Euphon aus Glas; dieses führte er 1790, jenen im J. 1800 aus. Beide sind sehr zweckmäfsig konstruirt, zeichnen sich auch durch einen schönen sanften Klang aus, entbehren aber der in den meisten Fällen wünschenswerthen Kraft, und haben daher keine weitere Verbreitung gefunden.[1]

Elektricität.

331. Wenn man die Frage aufwirft, wodurch die physikalischen Forschungen seit **Newton**'s Zeit eine so veränderte Richtung und einen so aufserordentlichen Umfang erlangt haben, so mufs sie unbedenklich dahin beantwortet werden, dafs es vornehmlich das Studium jener räthselhaften Wesen sei, welche wir in Ermangelung einer besseren gemeinsamen Benennung mit dem Namen Imponderabilien belegen, das Studium des Lichts, der Wärme, der Elektricität und des Magnetismus.

Man kann durchaus nicht sagen, dafs die Erforschung der, wenn ich mich so ausdrücken darf, gröberen Körper-Eigenschaften, der Molekularphänomene, darüber vernachlässigt worden wäre. Im Gegentheil hat auch diese seit den Zeiten des grofsen Briten sehr bedeutende Fortschritte gemacht und so umfangreiche zugleich, dafs ja eben deshalb die Chemie, die einen beträchtlichen Theil dieser Molekularphänomene umfafst, ganz von der Physik abge-

---

[1]) Zamminer, Die Musik, S. 201.

zweigt worden ist. Allein auf dem Gebiet, welches nach dieser Theilung der Physik verblieben ist, sind doch nirgend so tief in die ganze Wissenschaft eingreifende Entdeckungen gemacht, als eben bei den sogen. Imponderabilien.

Das Räthselhafte und Geheimnifsvolle dieser Wesen an sich und der Rolle, welche sie in der Natur zu spielen bestimmt sind, die Mannichfaltigkeit und das Wunderbare der Erscheinungen, welche durch sie hervorgerufen werden, hat die Wifsbegierde, seitdem einmal die Aufmerksamkeit auf sie hingelenkt worden ist, in immer gesteigertem Mafse angespornt. In immer gröfserer Anzahl sind die Physiker zu der Beschäftigung mit ihnen hinübergezogen worden, und die reiche Ausbeute ihrer Untersuchungen, die heutigen Tages vielleicht mehr als dreiviertel aller physikalischen Arbeiten ausmachen, kann die Ansicht erwecken, es werde unsere Wissenschaft bei fernerer Entwicklung ganz in dem Studium der Imponderabilien aufgehen.

Wir kennen heut zu Tage vier solcher allgemein verbreiteten physikalischen Potenzen, es sind die vorher genannten Licht, Wärme, Elektricität, Magnetismus. Ob es deren noch mehr gebe? Nun nach den bisherigen Erfahrungen zu urtheilen, haben wir keinen Grund die Bejahung dieser Frage für wahrscheinlich zu halten. Nach der Entdeckung des Galvanismus glaubten einige Physiker darin eine neue Naturkraft erkennen zu müssen, aber schon nach wenigen Jahren zeigte sich diese Ansicht als irrig, und seitdem ist nie eine ähnliche wieder aufgekommen, obgleich der neuerlich von **Faraday** entdeckte Diamagnetismus wohl zu einer solchen hätte Anlafs geben können, da es im Grunde bis jetzt noch nicht geglückt ist, die Erscheinungen des Diamagnetismus in einer völlig befriedigenden Weise auf die Gesetze des Magnetismus und der Elektricität zurückzuführen.

Bis jetzt also verbleibt es in Betreff der Imponderabilien bei der Zahl vier, und es ist wohl bemerkenswerth, dafs diese vier oder vielmehr dieses Doppelpaar Licht und

Wärme einerseits, Elektricität und Magnetismus andererseits, im Grunde schon so lange bekannt sind, als überhaupt die Physik existirt. Aber freilich blieb die Kenntniſs des letzteren Paares in den früheren Epochen unserer Wissenschaft ungleich beschränkter als die des ersteren, wohl deshalb, weil uns die Natur zur unmittelbaren Wahrnehmung von Elektricität und Magnetismus keine Organe verliehen hat, weil wir sie nur aus ihren Wirkungen erkennen können, und es schon komplicirter Hülfsmittel bedarf, um diese Wirkungen so zu steigern, daſs sie einer genaueren Untersuchung fähig werden.

332. Auſser den schwachen elektrischen Erscheinungen beim Bernstein und Lynkurion (§ 13) kannten die Alten, und muſsten sie nothwendig kennen, die gewaltsamste aller in der Natur, das Gewitter. Aber sie hatten auch Kenntniſs von einer viel seltneren und schwächeren Aeuſserung der atmosphärischen Elektricität, ich meine das Elmsfeuer (§. 14). Jedoch von **Theophrast** an, das ganze Mittelalter hindurch, in einem Zeitraum von fast 2000 Jahren, kümmerte sich Niemand um die Elektricität, während doch unterdeſs ein anderes Imponderabile, das Licht, mehrseitige Beachtung fand, und die Kenntniſs von demselben doch wenigstens einige Fortschritte machte, ja sogar der Magnetismus in den Erscheinungen des Kompasses hin und wieder einiges Nachdenken erweckte.

Erst **William Gilbert**, derselbe einsichtsvolle Mann, den ich früher (§ 122) als Entdecker des Erdmagnetismus bezeichnete, nahm sich auch der vergessenen Elektricität wieder an, und die Art, wie er es that, giebt ihm das volle Anrecht als der Gründer der Elektricitätslehre angesehen zu werden.

Zu dem Bernstein und Lynkurion, den beiden einzigen Substanzen, welche den Alten als elektrisirbar bekannt waren, lehrte er zunächst eine ganze Reihe von Körpern kennen, die sich ebenso verhalten: Edelsteine mancher Art als Diamant, Sapphir, Amethyst, Opal, Beryll, Gagat, Fluſsspath, dann Glas, Glasflüsse, Schwefel, Kolo-

phon, Mastix, Gummilack, Steinsalz u. a. m. Dabei führt er eigends an, was die Alten unerwähnt lassen, dafs das Reiben nothwendig sei, um diese Körper elektrisch zu machen. Zugleich aber zeigt er, dafs nicht alle Körper durch das Reiben elektrisch werden, namentlich nicht die Metalle; dafs diese aber dennoch der elektrischen Anziehung unterliegen, wenn man sie nach Art einer Kompafsnadel auf einer Spitze schweben läfst und ihnen einen bereits elektrisirten Körper nähert; dafs dagegen glühende Körper und die Flamme nicht angezogen werden.

Er beobachtete ferner, dafs die elektrischen Erscheinungen sehr vom Feuchtigkeitszustand der Luft abhängen, in trockner Luft, also bei Nord- und Ostwinden viel besser gelingen als in feuchter bei Süd- und Westwinden. Merkwürdig ist, dafs er nur die elektrische Anziehung kennt, nicht die elektrische Abstofsung. Ja er hebt es sogar als eine Verschiedenheit des Magnetismus von der Elektricität hervor, dafs bei jenem Abstofsungen vorkommen, bei dieser nicht.

Man sieht hieraus, dafs **Gilbert** noch keine Kenntnifs von der Dualität der Elektricität hatte, was auch dadurch bestätigt wird, dafs unter den von ihm aufgezählten elektrisirbaren Körpern sowohl positive (Glas) wie negative (Schwefel) vorkommen, ohne dafs er irgend einen Unterschied an ihnen hervorhebt. Dagegen kannte er sehr wohl die Verschiedenheit der Elektricität von dem Magnetismus, und giebt als Gründe dafür u. A. an:

1) dafs die Elektricität nur durch Reiben entstehe;
2) dafs sie durch Feuchtigkeit, feuchte Luft, vernichtet werde;
3) dafs ein elektrisirter Körper sehr viele Körper anziehe, der Magnet aber nur sehr wenige, Stahl und Eisen;
4) dafs bei der elektrischen Anziehung sich nur der eine Körper bewege, bei der magnetischen jeder der beiden!

Gilbert veröffentlichte seine Untersuchungen in dem schon genannten Werke (§ 122): *De magnete magneticisque corporibus et de magno magnete tellure, Lond. 1600.* In diesem Werk führt er auch das Wort elektrisch in die Wissenschaft ein, indem es darin (lib. II, cap. II, p. 54. Edit. Sedini 1628) heifst: *Vim illam electricam nobis placet appellare, quae ab humore provenit.* Dieses Werk mufs nicht allein wegen der darin enthaltenen Entdeckungen als erster Quell der Elektricitätslehre betrachtet werden, sondern ebenso sehr, weil es der Ausgangspunkt der Arbeiten späterer Physiker auf diesem Felde wurde, die indefs anfangs demselben wenig Neues hinzufügten.

Einer der ersten, der sich nach **Gilbert** und durch ihn veranlafst mit der Elektricität beschäftigte, war der Jesuit **Nicolo Cabeo** (1585 — 1650), der in seiner *Philosophia magnetica 1639* (§ 128), worin er sich hauptsächlich mit dem Magnetismus befafst, auch auf die Elektricität kommt, und der Gilbert'schen Reihe von elektrisirbaren Körpern noch einige hinzufügt z. B. weifses Wachs, rohen Gyps. Nächst ihm sind es die florentiner Physiker, welche elektrische Versuche anstellen. Sie fanden u. A., dafs Körper, die durch Reiben elektrisirbar sind, dennoch nicht elektrisch werden, wenn der reibende Körper eine glatte Oberfläche besitzt, und aufserdem machten sie die bemerkenswerthe Beobachtung, dafs die elektrische Kraft des geriebenen Bernsteins zerstört werde, wenn man ihn um eine Lichtflamme herumführt (§ 177, IX). Aber auch sie sprechen in ihrer ganzen Untersuchung nur von elektrischer Anziehung.

Die übrigen Physiker, welche sich im XVI. und in der ersten Hälfte des XVII. Jahrhunderts mit der Elektricität beschäftigten z. B. **Fracastoro, Cardano, Gassendi** und **Descartes** stellten keine experimentellen Untersuchungen an, sondern machten Hypothesen, womit man überhaupt in jener Zeit viel schneller als jetzt bei der Hand war, Hypothesen über die Ursache und das Wesen der Elektricität, die natürlich dem Zustande ihrer Kenntnisse von diesem

Agens ganz entsprechend waren, und hier füglich übergangen werden können.

333. Der erste, der nach **Gilbert** die Kenntnifs der Elektricität erheblich vermehrte, war unser Landsmann **Otto v. Guericke.** Es ist bereits § 191 die Vorrichtung beschrieben, welche er konstruirte um stärkere elektrische Wirkungen zu erhalten, und in der wir den ersten Schritt zur Erfindung der Elektrisirmaschine erkennen. Mittelst dieses Apparates beobachtete **Guericke** nun die elektrische Abstofsung, die vor ihm Niemand wahrgenommen hatte, das schwache phosphorische Leuchten im Dunkeln (nicht den eigentlichen elektrischen Funken), und das knisternde Geräusch beim Elektrisiren seiner Schwefelkugel. Er sahe auch, dafs eine von der Kugel zurückgestofsene Flaumfeder beständig nur eine Seite derselben zukehrte, und dafs Fäden in der Nähe der elektrischen Kugel bei Annäherung seines Fingers zurückfuhren [1]), Erscheinungen, die erst in späterer Zeit ihre Erklärung fanden.

Um dieselbe Zeit lernte man durch **Picard** 1675 auch das elektrische Licht kennen, welches das Leuchten unvollkommen ausgekochter Barometer hervorbringt, ohne eine Ahnung davon zu haben, dafs dieses Licht elektrischer Natur sei (§ 220).

Nach **Otto v. Guericke** legte sich **Robert Boyle** auf dieses Gebiet der Physik. Aufser mehreren Beobachtungen, die nicht wesentlich von denen **Gilbert's** abweichen, machte er auch die, dafs die elektrische Anziehung gleichfalls im Vakuum der Luftpumpe stattfindet; überdies sahe er, dafs verschiedene Diamanten nach dem Reiben nicht allein elektrische Anziehung zeigten, sondern auch im Dunkeln leuchteten, und dafs die Elektrisirung desto stärker und dauerhafter ausfalle, je reiner, wärmer und glatter die Oberfläche der geriebenen Körper sei [2]).

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. II, 237.

[2]) Ibid. II, 239, 240.

Auf diese Versuche folgten bald die vom Dr. **Wall**, einem Landsmann R. **Boyle's**, die derselbe im J. 1698 in den Philos. Transact. bekannt machte. **Wall** glückte es, ein grofses Stück Bernstein durch blofses Reiben mit Wollenzeug aus freier Hand so elektrisch zu machen, dafs es nicht nur ein ziemlich starkes Licht gab, sondern auch, wenn man ihm einen Finger näherte, unter sehr hörbarem Knistern, wie er sagt, eine Lichtflamme aussandte, die den Finger sehr empfindlich berührte, und ein Blasen wie von einem Winde verursachte. Das war die erste Spur einer elektrischen Entladung und einer physikalischen Wirkung derselben. Sehr merkwürdig ist die Aeufserung, mit welcher Dr. **Wall** den Bericht von seinen Versuchen schliefst. Er sagt: Dieses Licht und Knistern scheint einigermafsen Blitz und Donner vorzustellen!

Auch **Newton** beschäftigte sich gelegentlich einmal mit der Elektricität, nämlich im J. 1675, wo er der Royal Society den bereits § 283 beschriebenen Versuch vorlegte und denselben, der zuerst die elektrische Ladung einer Glasplatte enthielt, zur weiteren Verfolgung empfahl; es scheint aber nicht, dafs der Versuch weiter beachtet worden wäre.

334. Endlich nahm sich **Hawksbee**, derselbe talentvolle Mann, dessen ich schon früher mehrfach bei anderen Gelegenheiten gedacht habe, der verlassenen Elektricität wieder an, und publicirte in den Philos. Transact. von 1705 an eine Reihe von Versuchen, die zu den besten gehören, welche seit **Gilbert's** Zeiten angestellt wurden, und die **Hawksbee** später gesammelt in seinen *Physico-mechanical experiments, London 1709* herausgegeben hat.

Den Ausgangspunkt seiner Untersuchungen bildete das Phänomen, welches man damals allgemein mit dem Namen des merkurialischen Phosphors belegte, das Leuchten des Quecksilbers im Barometer (§ 220). Er ersann zunächst einige Vorrichtungen um dieses Leuchten recht auffallend zu machen, indem er Quecksilber in Glasgefäfse brachte, diese mit der Luftpumpe auspumpte und hierauf

das Quecksilber auf verschiedene Weise in Bewegung setzte, wobei es lebhaft leuchtete [1]). Hierdurch kam er auf den Gedanken, das Licht möge wohl durch das Reiben des Quecksilbers am Glase hervorgebracht werden, und überhaupt das Phänomen ein elektrisches sein. Und dies gab ihm wieder Veranlassung eine hohle Glaskugel auf eine Axe zu stecken, und durch Schnur und Rad in Rotation zu setzen, wo er sie dann, wenn er beim Rotiren die Hand daran hielt, stark elektrisch werden sah. Hatte er die Kugel luftleer gepumpt, so sah er in derselben ein helles Leuchten entstehn, und wenn er ihr von aufsen einen Finger näherte, so sah er schon in einem Abstand von 1 Zoll einen elektrischen Funken aus ihr hervorschiefsen. Das war der erste wahrhafte elektrische Funke, und zugleich der erste Beweis von der grofsen elektrischen Kraft des geriebenen Glases.

Hawksbee blieb nicht bei der Glaskugel stehn, sondern ersetzte dieselbe auch successive durch eine Kugel von Siegellack, Schwefel und Harz untermengt mit Ziegelmehl. Alle gaben ihm ähnliche obwohl schwächere Wirkungen als das Glas. Aber merkwürdiger Weise entging auch diesem sonst so geschickten Beobachter der qualitative Unterschied zwischen der Elektricität des Glases und der der drei letzten Körper. Er fand die Elektricität des Glases von gleicher Art mit der des Siegellacks und nur in der Stärke von derselben verschieden. Bei diesen und anderen Versuchen machte er auch die Beobachtung, dafs der Druck beim Reiben die Erregung der Elektricität nicht sonderlich vermehrt, im Gegentheil ein Reiben mit mäfsigem Druck am vortheilhaftesten wirke.

Die Versuche von **Hawksbee** erregten, wie man sich leicht denken kann, viel Aufsehen bei den Zeitgenossen; allein sie wurden anfänglich doch nicht so verfolgt, wie man hätte glauben sollen, und namentlich wurde die Idee der Glaskugel-Maschine, die so leicht zur Elektrisirmaschine

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. III, 445.

hätte führen können, nicht weiter ausgebildet; allgemein blieb man bei Glasröhren stehen, die man aus freier Hand rieb. Nur in einer Beziehung, in Beziehung auf die Hervorbringung des phosphorischen Lichtes, wurden die Versuche von anderen Physikern aufgenommen und fortgesetzt. Dahin gehören Vorrichtungen wie die eines leipziger Mechanikers, beschrieben von **Christian v. Wolf** in *Experimenta physica oder allerhand nützliche Versuche*, *Halle 1721—1723;* ferner des Franzosen **Polynier**, besonders aber eine Reihe von Versuchen, von **Joh. Bernoulli** und **Jacques Cassini**, die in den Mém. de Paris von 1707 beschrieben werden. Bemerkenswerth darin ist die Erwähnung des Katzenlichts und der Lichterregung beim Reiben von Quecksilber-Amalgam an Glas [1]).

Die Versuche **Hawksbee's**, der um's J. 1713 starb, ohne dafs sich etwas Anderes von seinen Lebensumständen sagen läfst, als dafs er Curator of experiments der Roy. Society war, bilden einen gewissen Abschnitt in der Elektricitätslehre, da nach ihm eine Pause von fast 20 Jahren eintrat, in der für die Erweiterung dieses Zweiges der Physik durchaus nichts geschah.

Ueberblickt man, welche Fortschritte bis dahin gemacht waren, so mufs man bekennen, dafs dieselben in dem Zeitraum von mehr als hundert Jahren, der seit **Gilbert's** Tod verflossen, sehr gering waren. Man hatte zu der elektrischen Anziehung auch die Abstofsung kennen gelernt, hatte das elektrische Licht in Form des diffusen Leuchtens und des kompakten Funkens gesehen, hatte dessen Geräusch gehört und dessen mechanische Wirkung gefühlt; aber dies alles nur in sehr schwachem Mafse, da die Mittel zur Verstärkung der Wirkungen sehr ungenügend waren. Man kannte keine andere Elektricitätsquelle als das Reiben, und wufste auch noch nichts von dem Unterschied, den die Körper in Bezug auf die Elektricitätserregung und Elektricitätsleitung darbieten.

---

[1]) Fischer, ibid. III, 460.

335. So blieb es bis zum J. 1729, wo **Stephen Gray**, der in London lebte und Mitglied der Roy. Society war, eine Reihe von Versuchen unternahm, die zunächst zu der wichtigen Entdeckung der Elektricitäts-Mittheilung führte. Im Grunde hatte man die Mittheilung schon bei der Abstofsung, sowie die Vertheilung der Elektricität bei der Anziehung beobachtet, aber beide unbewufst; auf eine bewufste Weise entdeckte sie erst **St. Gray**, und zwar folgendermafsen.

Gray hatte eine 3½ Fufs lange und zollweite Glasröhre an beiden Enden mit Korkstöpseln versehen um zu ermitteln, ob die geriebene Röhre einen Unterschied beim Anziehen erkennen liefs, wenn sie offen oder verschlossen war, er fand aber keinen merklichen Unterschied. Bei diesem Versuche ereignete es sich, dafs eine Flaumfeder, die dem oberen Ende der Röhre gegenüber gehalten wurde, nach dem Stöpsel hinflog und von diesem ebenso angezogen und abgestofsen ward, wie von der Röhre selbst. Es war dem Kork also von der Röhre eine anziehende Kraft oder Elektricität mitgetheilt. Hierauf steckte **Gray** in den Kork einen 4 Zoll langen Holzstab und auf das obere Ende des letzteren eine Elfenbeinkugel, worauf auch diese sich elektrisch zeigte, und sogar noch stärker als der Korkstöpsel zuvor. Als der Holzstab durch Messing- und Eisendraht ersetzt wurde, zeigte sich beim Versuch der nämliche Erfolg, es wurde aber bemerkt, dafs die Feder von dem Drahte nicht so stark angezogen wurde, wie von der Kugel am Ende [1]).

Wenn dem Draht eine gröfsere Länge gegeben wurde, so gerieth er beim Reiben der Röhre in lästige Schwankungen, wodurch **Gray** auf den Gedanken kam statt des Drahtes einen Bindfaden zu nehmen, der mit dem einen Ende an die Röhre, mit dem anderen an die Elfenbeinkugel befestigt wurde. Auch jetzt verhielt sich die Kugel wie früher, und zog selbst noch, nachdem sie von einem

[1]) Fischer, ibid. V, 434 ff.

26 Fuſs hohen Balkon mittelst der Schnur herabgelassen war, leichte Körper auf dem Hofe an.

Bei dem Bestreben die Elektricität in noch gröſsere Entfernungen fortzuleiten, wurden in Ermangelung bedeutender Höhen horizontale Leitungen herzustellen gesucht, was wiederum eine Entdeckung im Gefolge hatte. Zunächst führte Gray die hanfene Schnur von der Glasröhre aus in horizontaler Richtung durch die Schleife eines anderen Bindfadens, der an einem Nagel oben im Balken hing; von dieser Schleife ging die Schnur mit der Elfenbeinkugel senkrecht herab. Diese verhielt sich nun aber nicht elektrisch, als die Glasröhre gerieben wurde, und Gray sah als Ursache hiervon den am Nagel hängenden Bindfaden an, der die bis zur Schleife gelangende Elektricität ganz oder gröſstentheils fortführe; er wuſste aber nicht, wie sich dies verhindern lasse.

Im Juni 1729 besprach sich Gray mit einem Hrn. Granville Wheler, Geistlicher und Mitglied der Roy. Soc., über diesen Versuch, und dabei äuſserte der letztere, es sei wohl besser zum Aufhängen einen Seidenfaden statt der Hanfschnur zu nehmen, da jener dünner sei und deshalb wahrscheinlich weniger Elektricität fortführen werde. Es ward beschlossen den Versuch mit dieser Abänderung zu wiederholen, und der Vorsatz am 2. Juli 1729 in einer langen Galerie in Wheler's Haus ausgeführt. Die an die Glasröhre befestigte Schnur war 80 Fuſs lang und über quer ausgespannte Seidenfäden der Art gelegt, daſs das Ende mit der Elfenbeinkugel etwa 9 Fuſs herabhing.

Jetzt glückte der Versuch; die Kugel zeigte sich stark elektrisch, und war es noch, als die Hanfschnur durch Hin- und Herführen auf 147 ja bis auf 765 Fuſs verlängert wurde. Als indeſs bei einem dieser Versuche die seidenen Querschnüre rissen, und durch festeren Messingdraht ersetzt wurden, erhielt die Kugel keine Elektricität, obwohl die Drähte ebenso dünn waren wie die seidenen Fäden.

So war der Unterschied zwischen leitenden und nichtleitenden Körpern experimentell nachgewiesen und

festgestellt, obwohl man vielleicht sagen kann, daſs **Gray** und **Wheler** noch nicht daran dachten die neu entdeckte Thatsache zu verallgemeinern. Indeſs lernten sie doch bei fernerem Experimentiren mehrere Substanzen kennen, welche die Eigenschaft des Nichtleitens besitzen, als Haare, Harze, Glas, und sie benutzten dieselbe zur Anstellung einiger lehrreichen Versuche. Einer von diesen, der wie man sich leicht vorstellen kann, groſses Aufsehen machte, war folgender: **Gray** hing einen Knaben in horizontaler Lage an Haarschnüren auf, und theilte ihm mittelst der geriebenen Glasröhre Elektricität am Fuſse mit, sofort wurde Flittergold von seinem Kopf so stark angezogen, daſs es oft 8 bis 10 Zoll in die Höhe flog. Diesen Versuch änderte **Gray** mit gleichem Erfolge auch dahin ab, daſs er den Knaben auf einen Harzkuchen stellte; also der erste Isolirschemel 1732. Er elektrisirte auch einen Knaben durch einen anderen, die beide isolirt und durch eine Kommunikationsschnur verbunden waren.

Ferner elektrisirte **Gray** Wasser, indem er es in einer hölzernen Schale oder einem Becher auf einen Harzkuchen oder eine Glasscheibe stellte. Wurde ein Stückchen Draht, dünnes Papier und dgl. etwa 1 Zoll hoch über jenem Wasser gehalten, so wurden diese Substanzen nach der Oberfläche des Wassers hingezogen und nachher wieder zurückgestoſsen. Hatte er den Becher bis über den Rand mit Wasser gefüllt und hielt eine elektrisirte Röhre 1 Zoll hoch darüber, so sah er unter derselben einen kleinen Wasserberg sich erheben, aus dessen Gipfel im Dunkeln ein Licht hervorkam, wobei zugleich ein Knistern gehört wurde. Berührte er die Röhre mit dem Finger, so fiel der Berg in das Wasser hinein, wie er sich ausdrückte.

Zu den anderweitigen Erfahrungen, die **Gray** machte, gehört noch die, daſs es, um einem Körper Elektricität mitzutheilen, nicht nöthig ist die Kommunikationsschnur mit der geriebenen Glasröhre zu berühren, sondern daſs es hinreiche letztere nur einige Zeit nahe zu halten. Ferner beobachtete er, daſs sich die elektrische Anziehung auch

durch ein Vakuum fortpflanzt, und die elektrischen Wirkungen durch einen Magneten nicht gestört werden. Besonders hervorzuheben ist noch die Entdeckung von ihm, dafs es bei der Elektrisirung eines Körpers nicht auf die Masse, sondern auf die Oberfläche ankomme, indem ein hohler Würfel von Eichenholz ebensoviel Elektricität annahm wie ein massiver von gleicher Gröfse.

Gray setzte seine Untersuchungen fort bis zu seinem 1736 in London erfolgten Tod. Wann und wo dieser verdienstvolle Mann geboren ist, wissen wir nicht, so wenig wir etwas Näheres von seinen Lebensumständen kennen. Ganz jung kann er nicht gestorben sein, denn wir finden schon 1696, also 40 Jahre vor seinem Tode, eine Abhandlung von ihm in den Phil. Transactions, worin er sich als sinniger Forscher erweist, und Untersuchungen mit einem einfachen Mikroskop aus einem Wassertropfen beschreibt.

Man darf übrigens **Stephen Gray** nicht verwechseln mit **Edward Whitaker Gray**, welcher auch über Elektricität geschrieben hat. Derselbe war Dr. Med., Aufseher der Sammlungen des britischen Museums sowie Mitglied und Sekretär der Roy. Soc. Er lebte von 1748 bis 1806, und ist in London geboren und gestorben.

336. Durch **Gray**'s Versuche wurde die Aufmerksamkeit wiederum allgemeiner auf die Elektricität hingelenkt, und namentlich gaben sie Veranlassung, dafs sich in Frankreich, wo man bis dahin die Elektricitätslehre ganz vernachlässigt hatte, ein ausgezeichneter Beobachter diesem Zweige der Physik zuwandte. Dies war **Charles François de Cisternay du Fay** gewöhnlich **Dufay**, geb. 1698 zu Paris, der Sohn eines Gardelieutenants. Auch der junge **Dufay** trat schon früh in Kriegsdienste, machte als 14jähriger Lieutenant einige Schlachten im spanischen Erbfolgekrieg mit, und brachte es bis zum Hauptmann. Der eingetretene Friede und die damit verbundene geringe Aussicht zum Avancement, sowie seine schwächliche Gesundheit bewogen ihn dem Militär zu entsagen, und sich den Wissenschaften zu widmen.

Er wendete sich zunächst der Chemie zu, die schon von seinem Grofsvater gepflegt worden war, und hatte das Glück sich bald durch einige Arbeiten auf diesem Felde, deren erste über das Leuchten der Barometer 1723 erschien, die Gunst der Akademie so zu erwerben, dafs sie ihn zum Mitglied ernannte. Er legte sich nun mit Eifer auf die Physik, und namentlich auf das Studium der magnetischen sowie auch, durch **Gray**'s Entdeckungen angeregt, der elektrischen Erscheinungen. Selbst die Stelle eines Intendanten des botanischen Gartens, die er 1732 erhielt, und die ihn zwang sich noch mit der ihm unbekannten Botanik zu beschäftigen, zog ihn nicht von den physikalischen Forschungen ab.

Er hat die Mémoires de l'Académie des sciences de Paris mit einer grofsen Anzahl werthvoller Abhandlungen bereichert, worunter besonders diejenigen über Elektricität ihm einen ehrenvollen Platz unter den Physikern sichern. Seine letzte Arbeit war eine optische über die doppeltbrechenden Krystalle. Er starb 1739 an den Blattern im noch nicht vollendeten 41. Jahre; in einem Brief an den Minister **Maurepas** hatte er vor seinem Ende **Buffon** zu seinem Nachfolger vorgeschlagen.

Dufay's elektrische Untersuchungen beginnen mit dem Jahre 1733, und betreffen zunächst das Leitungsvermögen. Nachdem er eine grofse Anzahl von Körpern untersucht, fand er, dafs alle durch Reiben elektrisch werden, besonders im erwärmten Zustand, mit Ausnahme der Metalle, der weichen und flüssigen Körper. Er legt auch dar, woraus dieser Unterschied entspringt; dafs es die nicht- oder schlechtleitenden Körper sind, welche durch das Reiben elektrisch werden, dafs dagegen die leitenden, eben ihrer Leitungsfähigkeit wegen keine Elektricität annehmen oder behalten können.

Unter den speciellen Thatsachen, die er auffand, sind besonders drei bemerkenswerth:

1) Um zu erfahren, ob verschiedene Körper ungleich viel elektrische Materie in sich aufnehmen, hing er seidene,

wollene, baumwollene und leinene Fäden an eine auf seidenen Schnüren ruhende Eisenstange, und fand, dafs wenn die elektrische Glasröhre der Stange nahe gebracht wurde, die Fäden auseinander gingen, die leinenen am meisten, dann die baumwollenen, am wenigsten die wollenen[1]. In diesem Versuch liegt der Keim zur späteren Erfindung des Elektrometers.

2) Die Leitungsfähigkeit eines nassen Bindfadens, durch welchen die Elektricität 1256 Fufs fortgeführt werden konnte.

3) Die Beobachtung, dafs sich selbst aus einem lebenden Körper Funken ziehen lassen. Er hing nach Gray's Vorgang einen Knaben an seidenen Schnüren auf, und elektrisirte ihn. Die Umstände dabei müssen wohl günstiger gewesen sein als bei Gray's Versuch, denn er sah, was diesem entgangen war, dafs wenn man einen Finger dem Knaben bis auf einen Zoll näherte, Funken aus diesem hervorbrachen, die ein knisterndes Geräusch, sowie ein Stechen und Brennen in dem Finger verursachten.

Der Abt Nollet, später selbst ein eifriger Elektriker, der zugegen war, gerieth über das Erscheinen der Funken aus einer lebendigen Person in grofse Bestürzung, und Dufay wurde hierdurch veranlafst, die schon an den Katzen 1707 beobachtete Erscheinung (§ 334) in besserer Weise zu reproduciren, indem er das Thier auf ein seidenes Kissen setzte, und den Rücken gegen die Haare strich. Näherte er dann der Katze einen Finger, so gab sie Funken, die ihr offenbar Schmerz verursachten. Die Versuche Dufay's gaben Anlafs, dafs Gray die seinigen wieder aufnahm und abänderte. Er hing hölzerne und metallene Stangen an seidenen Schnüren auf und elektrisirte sie. Dabei fand er, dafs sie nun ebenfalls stechende Funken gaben, wie solche aus dem menschlichen Körper erhalten waren, und dies führte von nun an immer zur Anwendung metallischer Leiter.

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. V, 452.

Im Verfolg seiner Untersuchungen gelang es **Dufay** zwei Principien aufzustellen, die wesentlich dazu beigetragen haben Licht und Ordnung in das Gewirr der mannigfachen Erscheinungen zu bringen, nämlich:

1) dafs elektrische Körper alle diejenigen, welche nicht elektrisch sind, anziehen; wenn sie ihnen aber Elektricität mitgetheilt haben, abstofsen.

Zu dem zweiten Satz, der eine Berichtigung und Erweiterung des ersten ist, gelangte **Dufay** auf folgende zufällige Weise; er näherte einem Goldblättchen eine elektrisirte Glasröhre, so dafs es dadurch schwebend in der Luft erhalten wurde. Nun näherte er diesem Goldblättchen auch ein geriebenes Stück Kopal, und erwartete, dafs es seinem vorstehenden ersten Satze gemäfs, von diesem würde abgestofsen werden. Aber siehe da, es ward angezogen und blieb fest daran hangen. Aus dieser Erscheinung zog **Dufay** den in der Geschichte der Elektricität epochemachenden Schlufs,

2) dafs es zwei entgegengesetzte Elektricitäten gebe, von denen er die eine Glas-Elektricität, Electricité vitrée, die andere Harz-Elektricität, Electricité résineuse, nannte.

Das war im J. 1733, und seitdem hat sich diese Ansicht in der Wissenschaft erhalten, obgleich sie anfangs mit grofser Vorsicht aufgenommen und später mehrmals bekämpft worden ist. Auf **Dufay**'s Versuche folgten in den Jahren 1739 bis 1742 die von **Desaguliers**, einem Mitgliede der londoner königlichen Gesellschaft, welche jedoch nicht viel zur Erweiterung der damaligen Kenntnisse beitrugen. Interessant ist die Art, wie er die Anziehung des Wassers zeigte; er hielt über dem aus einem kupfernen Springbrunnen aufsteigenden Wasserstrahl eine elektrische Glasröhre, wobei dieser sich gegen die Röhre krümmte, und bisweilen so stark, dafs das Wasser aufserhalb des darunter stehenden Gefäfses niederfiel[1]). **Desaguliers** ge-

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. V, 474.

brauchte auch zuerst die Wörter Leiter (Conductores) und nicht leitende oder elektrische Körper (corpora electrica per se), und verstand unter den letzteren diejenigen, welche beim Reiben elektrisch werden. Dafs die reine trockene Luft zu den an sich elektrischen Körpern gehöre, hat er ebenfalls wohl zuerst angegeben.

Jean Theophile Desaguliers, obwohl in England lebend, war von Geburt ein Franzose und Sohn eines protestantischen Geistlichen, der nach Aufhebung des Edikts von Nantes Frankreich verliefs, nach England zog und daselbst Prediger wurde. Auch der Sohn, geb. 1683 zu La Rochelle, studirte Theologie und ward in späteren Zeiten Kaplan des Prinzen von Wales. Grofsen Ruf erlangte er durch seine physikalischen Vorlesungen, wegen deren man ihn auch nach Amsterdam und Haag berief; die königl. Gesellschaft indefs, in welcher er ein sehr thätiges Mitglied war, bewirkte seine Zurückberufung, indem sie ihm ein Jahrgehalt von 300 Lstrl. aussetzte. Sein Tod erfolgte 1744 zu London. Er hat die Philos. Transact. mit 56 Abhandlungen bereichert, und aufserdem seine Vorlesungen herausgegeben unter dem Titel: *A course of experimental philosophy, 2 vol. 4°, London 1734*. Seine Untersuchungen betrafen die Centrifugalmaschine, die Muskelkraft des Menschen, das Bathometer, Pyrometer, Hygrometer, den Ventilator, Rost der Körper, Widerstand der Luft u. a. m.

Elektrisirmaschine.

337. Alle bis dahin in der Elektricität gemachten Entdeckungen waren mit der einfachsten, rohesten elektrischen Vorrichtung, mittelst einer aus freier Hand geriebenen Glasröhre gewonnen worden, und keiner hatte daran gedacht, den von **Otto v. Guericke** und **Hawksbee** angeregten Gedanken weiter zu verfolgen (§ 191, 334). Der erste, welcher diesen Gedanken wieder aufnahm, war **Christian August Hausen** (1693—1743) Professor der Mathematik und Physik in Leipzig. Er war indefs dazu nicht durch **Hawksbee** veranlafst, sondern durch einen seiner

Zuhörer, **Litzendorf**, welcher das stetig unterbrochene Reiben der Röhre mit der Hand durch eine Glaskugel, die mit Hülfe eines Rades umgedreht wurde, zu ersetzen vorschlug. **Hausen** ging darauf ein, und beschrieb seinen Apparat in: *Novi profectus in historia electricitatis, Lips. 1743.*

Durch **Hausen** wurde **Georg Matthias Bose**, Professor der Physik in Wittenberg, angeregt an die Vervollkommnung der Maschine zu denken. Er fügte ihr eine wichtige Verbesserung, den ersten Konduktor hinzu, eine offene Röhre aus Eisenblech, anfangs gehalten von einer Person, die auf einem Pechkasten stand, später getragen von seidenen Schnüren. Glaskugel und die menschliche Hand als Reibzeug behielt er bei.

Mittelst dieser Maschine beobachtete **Bose**, daſs die Person, welche die Kugel rieb, ebenso elektrisch wurde, wie der erste Konduktor, und damit hing zusammen ein Versuch, den er die Beatifikation nannte. Wenn nämlich groſse Kugeln gebraucht wurden, und die elektrisirte Person auf einem groſsen Pechkasten stand, so kamen nach und nach aus diesem Flammen hervor, die sich anfangs um die Füſse schlangen, dann immer höher stiegen bis zum Kopf, so daſs zuletzt das Haupt der Person mit einem hellen Scheine, einer sogenannten Glorie, umgeben war. Als anderen Physikern dieser Versuch nicht in der beschriebenen Weise gelingen wollte, gestand **Bose**, daſs er sich allerdings dazu eines besonderen Anzugs, eines Harnisches mit allerlei stählernen Zierrathen bedient habe[1]).

Ferner gelang es **Bose** zuerst Schieſspulver durch den elektrischen Funken zu entzünden, was **Dufay** vergeblich versucht hatte, auch zeigte er, daſs die Körper durch die Elektrisirung ihr Gewicht nicht verändern.

Dieser verdiente Mann, der 1710 zu Leipzig geboren und seit 1743 sehr thätig im Gebiet der Elektricität war, hatte das Unglück im siebenjährigen Kriege von den Preuſsen, nachdem er durch das Bombardement von Witten-

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. V, 559.

berg alle seine Habseligkeiten verloren, 1760 als Geifsel nach der Festung Magdeburg abgeführt zu werden, wo er 1761 starb.

Von jetzt ab ward die Elektrisirmaschine gleichsam Mode, und zahlreiche Vorschläge wurden zu ihrer Verbesserung gemacht. **Andreas Gordon** (1712—1751) ein Schotte von Geburt, Benediktiner und Professor der Philosophie im Ordenskloster zu Erfurt, nahm statt der Kugel einen Glascylinder von 8 Zoll Länge und 4 Zoll Durchmesser, den er nicht durch ein Rad drehte, sondern durch eine über einen Bogen gespannte Schnur, einen Drechslerbogen, hin und her bewegte. **Gordon** ist auch Erfinder der elektrischen Fontäne, des elektrischen Spitzenrades (Flugrades) und des elektrischen Glockenspiels.

Gordon's Maschine wurde anfänglich von **Winkler** in Leipzig nur dahin abgeändert, dafs er die Schnur durch Treten mit dem Fufs wie bei der Drechslerbank bewegte, aber bald ging er zu der Hausen'schen Einrichtung über, steckte aber 4 Glaskugeln auf eine Axe, weshalb denn auch zwei Personen nöthig waren, um mit ihren Händen die Reibzeuge abzugeben. Eine wesentliche Verbesserung erhielten diese Maschinen jedoch unter **Winkler**'s Anleitung durch den leipziger Drechsler **Giefsing**, der das Reibzeug erfand, wodurch die Menschenhände überflüssig wurden. Das Reibzeug bestand aus einem wollenen Kissen, das anfangs durch eine Schraube, später durch eine Metallfeder an die Glaskugel oder den Glascylinder gedrückt wurde.

338. Durch diese Einrichtung war nun eigentlich die Elektrisirmaschine erst vollkommen, sie hatte Reibzeug und Konduktor, aber die mechanische Ausführung war noch sehr roh, wie man das schon aus den Abbildungen zu den beiden kleinen Werken sieht, worin **Winkler** diese Maschinen beschreibt. Es sind dies: *Gedanken von den Eigenschaften, Wirkungen und Ursachen der Elektricität, nebst Beschreibung zweier elektrischer Maschinen, Leipzig 1744*, und *Eigenschaften der elektrischen Materie nebst etlichen neuen Maschinen zum Elektrisiren, Leipzig 1745.* — **Johann**

Heinrich Winkler, geb. 1703 zu Wingendorf in der Lausitz, der durch diese Erfindungen eine gewisse Epoche in der Geschichte der Elektricität begründet, und sich auch sonst als ein verständiger Beobachter erwiesen hat, war, als er sich mit Elektricität zu beschäftigen anfing, Professor der griechischen und lateinischen Sprache an der Universität Leipzig, wurde später auch Professor der Physik und starb als solcher 1770 zu Leipzig.

In Deutschland wurden die neu erfundenen Elektrisirmaschinen zunächst dazu gebraucht, um leicht verbrennliche Substanzen zu entzünden. Einen solchen Versuch und den ersten dieser Art machte ein Mitglied der berliner Akademie **Christian Friedrich Ludolf** im J. 1744 in der öffentlichen Sitzung der Akademie in Gegenwart mehrerer hundert Personen; er entzündete Schwefeläther (Spiritus aethereus Frobenii) durch den Funken, den er aus einer elektrischen Eisenstange hervorspringen liefs. **Winkler** that dasselbe mit einem Funken aus seinem eigenen Finger bei Weingeist von verschiedener Stärke und bei geschmolzenem und stark erhitztem Pech, Siegellack und Oel. Und **David Gralath** (1739—1809) Professor am Gymnasium zu Danzig, und Verfasser einer geachteten *Geschichte der Elektricität 1756* brachte mittelst des elektrischen Funkens ein eben ausgeblasenes Licht wieder zum Brennen. **Gordon** endlich setzte Weingeist durch einen elektrisirten Wasserstrahl in Brand [1]).

Von Deutschland wanderten die neu erfundenen Elektrisirmaschinen nach Frankreich und England, wo sie besonders in England mannichfache Abänderungen und Verbesserungen erfuhren. Der Abbé **Nollet** beschrieb zunächst in seinem *Essai sur l'electricité des corps, Paris 1747* eine Maschine, die im Grunde nichts weiter war als die deutsche Glaskugelmaschine und nur darum bemerkenswerth ist, dafs das Reibkissen dabei wiederum durch die Menschenhand ersetzt ist. Der Konduktor hing an seidenen Schnüren,

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. V, 482, 483.

und hat sich diese Maschine in Frankreich bis zum J. 1770 erhalten. **William Watson** in London wurde durch einen Briefwechsel mit **Bose** veranlaſst, durch ein Rad mit Schnüren vier übereinander stehende Glaskugeln auf einmal zu drehen, die sich an vier Kissen rieben. Diese erste complicirte Maschine in England wurde hauptsächlich erbaut, um **Bose**'s Beatifikation nachzumachen, und ist beschrieben in **Watson**'s *Experiments and observations on electricity*, *London 1745.*

Beide Maschinen boten eigentlich nichts Neues dar, dagegen hatte die, welche **Benjamin Wilson** ums J. 1746 erbaute, eine neue seitdem beibehaltene Einrichtung. Es war nämlich der Konduktor, der übrigens viel länger und dünner als heutigen Tages war, zum ersten Male mit einem Kollektor oder Kamm mit Metallspitzen zum Einsaugen der Elektricität versehen, und die Maschine eine Cylindermaschine.

Eine wichtige Verbesserung erfuhr das Reibzeug ums J. 1762 durch **John Canton**. Ohne wie es scheint etwas von den Erfahrungen zu wissen, welche **Joh. Bernoulli** 1707 machte (§ 334), kam er darauf zu versuchen, ob das Quecksilber, gleich wie es innerhalb einer Röhre im Barometer beim Reiben oder Schütteln Elektricität entwickelt, dieselbe auch auſserhalb unter gleichem Verfahren gewährt. Er tauchte daher Glasröhren in Quecksilber, und da er sie beim Herausziehen positiv elektrisch fand, so brachte ihn dies auf den Gedanken das Reibzeug seiner Kugel- oder Röhrenmaschine, welches anfänglich aus geöltem Seidenzeug bestand, mit einem Amalgam von Quecksilber und Zinn, dem etwas Kreide beigemischt war, zu bestreichen. Dadurch fand er denn die Wirkung ansehnlich verstärkt, und seitdem ist diese nützliche Erfindung bei allen Maschinen benutzt. Sie wurde noch weiter vervollkommnet durch einen Dr. **Noothe**, welcher im J. 1773 den geriebenen Glascylinder mit Wachstaffet bekleidete, um die Zerstreuung der erregten Elektricität zu verhüten.

Eine der ersten Cylindermaschinen, die mit allen bis dahin gemachten Vervollkommnungen versehen ist, an wel-

eher der Konduktor die jetzt übliche Form besitzt, auf Glasfüßsen ruht, einen Kollektor hat, das Reibzeug mit Amalgam bestrichen ist, und hinter sich eine Hülle von Wachstaffet führt, ist die, welche **Tiberio Cavallo** in seinem *A complete treatise on electricity with original experiments, London 1777* (ins Deutsche übersetzt 1783) beschreibt.

339. Nach den Röhren-, Kugel- und Cylindermaschinen kamen die jetzt fast allein noch üblichen Scheibenmaschinen in Gebrauch. Ueber den Erfinder der letzteren herrschen verschiedene Angaben. **Sigaud de la Fond**, Arzt in Paris, später Professor der Physik und Chemie in Bourges (geb. 1740 zu Dijon, gest. 1810 zu Bourges) sagt, er habe sich schon 1756 einer Scheibe von Krystallglas zur Elektricitätserregung bedient, aber er sagt dies erst 1781 in seinem *Précis historique et expérimental des phénomènes électriques, Paris 1781*. Der durch seine optischen und astronomischen Instrumente so berühmte englische Mechaniker **Jesse Ramsden** (1735—1800), der 1766 eine Scheibenmaschine baute, hält sich für den Erfinder derselben. **Ingenhouss** (geb. in Breda 1730, gest. bei London 1799, Arzt und Mitglied der Royal Society) dagegen behauptet, aber freilich auch erst in seinen späteren Schriften, er habe seit 1764 angefangen sich der Scheiben zu bedienen, weil er von der Reibung des Glases auf beiden Seiten sich viel versprochen habe. Erwiesenermaſsen hat indeſs **Planta** (1727—1772) aus Süſs im Engadin, zuletzt Direktor des Seminars zu Haldenstein, sich bereits 1755 der Scheibenmaschine bedient, früher als die zuvor Genannten, und er dürfte daher mit Recht als erster Erfinder dieses nützlichen Instrumentes betrachtet werden.

Die Scheibenmaschinen wurden bald in sehr groſsen Dimensionen ausgeführt. Der **Duc de Chaulnes** (1714—1769), Pair von Frankreich und Ehrenmitglied der pariser Akademie, auch bekannt durch werthvolle Arbeiten über optische Gegenstände, besonders astronomische Instrumente, lieſs eine Maschine verfertigen, an welcher die Scheibe 5 Fuſs Durchmesser hatte und Funken von 22 Zoll Länge gab.

Am berühmtesten ist im vorigen Jahrhundert die Maschine geworden, welche der englische Mechaniker **Cuthbertson** für das von einem reichen Privatmann, **Teyler van der Hulst** (1702—1778), in Harlem gestiftete Teyler'sche Museum anfertigte. **Van Marum**, Vorsteher dieser Stiftung, hat die Maschine 1783 beschrieben und zur Anstellung verschiedener Versuche benutzt, die besonders wegen der Mächtigkeit der erlangten Wirkungen lehrreich sind. Diese Maschine hat auf einer gläsernen Axe von 33 Zoll Länge zwei Scheiben von 65 engl. Zoll Durchmesser in 7¼ Zoll Abstand von einander. Sie gab Funken von 24 Zoll Länge, und wirkte schon aus einer Entfernung von 40 Fuſs bedeutend auf ein Elektrometer.

Es würde zu weit führen von all den unzähligen Abänderungen zu reden, die speciell mit dieser Maschine wie mit den Elektrisirmaschinen überhaupt vorgenommen wurden, namentlich wo man das Glas durch andere beim Reiben elektrisch werdende Substanzen ersetzte, z. B. durch wollene und seidene Zeuge, Leder, Leinewand, Papier, gedörrtes Holz, Gummilack u. a. m. Auch in Betreff des Amalgams wurden viele Versuche gemacht, um aus verschiedenen Mischungen die wirksamste zu ermitteln; als solche hat sich das Amalgam des Baron **von Kienmayer** zu Wien bewährt, welcher dasselbe im Journal de physique Août 1788 beschrieb, wonach es aus 2 Theilen Quecksilber, 1 Th. Zinn und 1 Th. Zink besteht. **Van Marum** glaubte die Wirksamkeit dieses Amalgams noch dadurch zu erhöhen, daſs er ¼ vom Gewicht desselben Musivgold hinzusetzte [1].

Das Angeführte wird genügend zeigen, welche Fortschritte die Kunst der Elektricitäts-Erregung durch Reiben innerhalb des vorigen Jahrhunderts gemacht hat. Man kann wohl sagen, daſs sie seitdem keine sonderlichen Erweiterungen erfahren hat, und daſs wir in Bezug auf die Frage, wie eigentlich das Reiben Elektricität errege, noch völlig im Dunkeln tappen.

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. VIII, 483, 486.

Verstärkungsflasche.

340. Ums J. 1745, nicht lange nach Erfindung der eigentlichen Elektrisirmaschine und in Folge derselben, wurde zufällig und wie es scheint ziemlich gleichzeitig in Deutschland und in Holland eine Entdeckung gemacht, die das gröfseste Staunen erregte, und noch jetzt als eine der wichtigsten in der ersten Hälfte des XVIII. Jahrhunderts bezeichnet werden mufs. Es ist die Entdeckung der Verstärkung oder Kondensation der Elektricität mittelst des Processes, den man wohl Bindung der Elektricität genannt hat.

Herr v. **Kleist**, Dechant des Domkapitels zu Kammin an der Dievenow in Pommern, machte diese wichtige Entdeckung am 11. Oktober 1745. Er hatte, aus welchem Grunde ist unbekannt, einen eisernen Nagel in ein Medicinglas gesteckt, und näherte diesen, während er das Glas in der Hand hielt, seiner Elektrisirmaschine, einer geriebenen Glaskugel. Als er nun den Nagel mit der anderen Hand anfafste, bekam er zu seinem Schreck einen starken Schlag, weshalb er glaubte, der menschliche Körper habe etwas mit dieser Erscheinung zu thun. Er fand auch, dafs die Wirkung verstärkt werde, wenn man etwas Weingeist oder Quecksilber in das Midicinglas schüttet.

Diese und andere Beobachtungen theilte Herr v. **Kleist** sogleich mehreren Personen mit, namentlich am 4. November dem Dr. **Lieberkühn** in Berlin, dem Erfinder des Sonnenmikroskops, der auch alsbald der berliner Akademie Bericht davon erstattete; ferner am 28. November dem Prediger **Swietlicki** (Schwidlitzky) in Danzig, der unverweilt die dortige naturforschende Gesellschaft damit bekannt machte; bald darauf auch dem Professor der Medicin **Joh. Gottlob Krüger** zu Halle, der die Entdeckung in seiner *Geschichte der Erde, Halle 1746* in einem Anhang publicirte.

Unterdefs war man in Holland ziemlich zu gleicher Zeit auf dieselbe Entdeckung gerathen, wozu **Pieter van Musschenbroek** die Veranlassung gab. Derselbe war Pro-

fessor der Mathematik und Physik nacheinander in Duisburg, Utrecht und Leyden; in letzterer Stadt wurde er 1692 geboren und ist dort auch 1761 gestorben. Er war ein Mann, der mehr durch Vorlesungen und klar geschriebene Lehrbücher einen großen Ruf erlangte als durch glänzende Entdeckungen, obwohl er fast über alle Zweige der damaligen Physik arbeitete.

Musschenbroek hatte bemerkt, daſs die elektrischen Körper ihre Elektricität in der freien Atmosphäre gar bald verlieren, und kam daher auf den Gedanken, ob sie ihre Elektricität nicht besser behalten würden, wenn man sie in eine Hülle aus einem die Elektricität nicht leitenden Körper einschlösse. Er glaubte daher Wasser am besten elektrisiren zu können, wenn er es in gläserne Flaschen bringe. Er verwirklichte diesen Gedanken, aber der erwartete Erfolg blieb aus; das Wasser nahm in der Flasche nicht mehr Elektricität auf als in einer flachen Schale.

Ein Dilettant **Cunaeus** aus Leyden, der bei **Musschenbroek**'s Versuchen zugegen war, wiederholte das Experiment, doch mit der unbewuſsten Abänderung, daſs er die Flasche, aus deren Wasser ein Metalldraht zum Konduktor führte, in der einen Hand hielt. Als er nun nach Trennung der Flasche vom Konduktor den Draht mit der andern Hand anfaſste, bekam er zu seiner groſsen Verwunderung und Bestürzung einen heftigen Stoſs durch die Arme und die Brust.

Musschenbroek wiederholte den Versuch mit gleichem Erfolg, und theilte dies zu Anfang des Jahres 1746 dem berühmten **Réaumur** in Paris mit, wobei er u. A. schrieb, er sei auf einen erschrecklichen Versuch gerathen, dessen Wirkungen er sich nicht für die Krone Frankreichs zum zweiten Male aussetzen möchte! Durch diesen Brief bekam auch der Abt **Nollet** in Paris Nachricht von der neuen Entdeckung, und er war es, der die Namen: leydener Versuch, leydener Flasche einführte, Namen, die selbst bei uns Bürgerrecht erhalten haben, trotzdem wir alle Ursache gehabt hätten, in dem Namen des Apparats

unsern Landsmann oder unser Vaterland durch die Namen Kleist'sche Flasche, Kamminer Flasche zu verewigen.

341. Die in der That wunderbaren Eigenschaften der elektrischen Flasche erregten, wie man sich leicht denken kann, die höchste Aufmerksamkeit der Physiker, und gaben dadurch dem Studium der Elektricität eine ganz neue Richtung. **Winkler** in Leipzig und **Gralath** in Danzig waren bei uns die ersten, welche den Versuch von **Musschenbroek** wiederholten und weiter verfolgten. **Winkler** giebt einen merkwürdigen Bericht von den Wirkungen, welche die Schläge der elektrischen Flasche auf ihn hervorbrachten, wonach er sie wohl etwas stark mufs angewandt haben. Er erhielt, so erzählt er, starke Konvulsionen davon, so dafs er ein hitziges Fieber befürchtete und er kühlende Arzneien habe brauchen müssen; im Kopfe habe es ihm etliche Tage wie ein Stein gelegen, mehrmals habe er noch nach einigen Tagen Nasenbluten bekommen, wozu er sonst nicht geneigt gewesen sei, und in den Gelenken der Hände und Arme habe er fortdauernd solche Schmerzen empfunden, dafs er acht Tage lang nicht habe schreiben können. Seine Gattin, die nur zwei Schläge bekommen, habe kaum gehen können, und eine Woche darauf schon von einem Schlage Nasenbluten gehabt.

Das brachte ihn darauf eine Vorrichtung zu ersinnen, welche gestattete den Funken zu beobachten, ohne sich oder Andere den Wirkungen desselben auszusetzen. Er stellte die Flasche auf einen Zinnteller, legte um sie eine eiserne Kette, welche er zu einem Metallknopf führte, der dem Konduktor der Maschine so nahe stand, dafs die Funken zwischen diesem und dem Knopf überspringen und aus weiter Ferne gesehen werden konnten. Da **Winkler** hierbei wahrgenommen hatte, dafs die unmittelbare Berührung der gläsernen Flaschen nicht nöthig sei, sondern dieselbe Wirkung auch erfolge, lediglich durch die Berührung des Metalltellers, auf welchem die Flasche ruht, oder des Wassers, welches man in den Teller bringen kann, so wollte er erfahren, ob der Versuch auch wohl im Grofsen

von Statten gehen würde. Drei grofse mit Wasser gefüllte Flaschen, in deren jede ein Messingdraht gesteckt war, wurden am 28. Juli 1746 in die Pleifse gehängt. Die drei Drähte waren zusammengeflochten und metallisch mit dem Konduktor der in einem Zimmer aufgestellten Maschine verbunden. Um die drei Flaschen in der Pleifse war eine eiserne Kette geschlungen, welche nach einer hohlen Kupferkugel geführt war, die nahe unter dem Konduktor sich befand, und die Stelle des oben erwähnten Metallknopfes vertrat. Die Funken schlugen hier nun, als man elektrisirte, so lebhaft über, dafs man sie selbst im Sonnenscheine in einer Entfernung von 200 Schritten konnte blitzen sehen und ihren Schlag hören [1]).

Die vorstehenden Versuche führten **Winkler**, wie das ja nahe lag, auf die Konstruktion der elektrischen Batterie sowie auf die Belegung der Flaschen, die freilich nur eine auswendige und noch dazu unvollkommene war. Uebrigens hatte er noch keine Vorstellung davon, worin eigentlich die Ladung der Flasche und die Verstärkung der Elektricität dabei bestehe; das geht schon aus dem Titel seines Buchs hervor: *Die Stärke der elektrischen Kraft des Wassers in gläsernen Gefäfsen, Leipzig 1746.* Man ersieht hieraus, dafs er glaubte, die Elektricität würde in dem Wasser oder der dasselbe vertretenden Flüssigkeit als Essig, Wein, Salzwasser u. s. w. einfach angehäuft.

Gralath nahm statt der Medicingläschen gröfsere Glaskolben, in die er Wasser gofs und, statt des Nagels, einen Draht mit einer Bleikugel am oberen Ende steckte. Auf diese Weise leitete er am 20. April 1746 in Gegenwart der naturforschenden Gesellschaft zu Danzig den Schlag durch 20 Personen, die sich mit den Händen angefafst hatten. Auch schaltete er zwischen je zwei Personen metallene Drähte und Stangen ein, und der Erfolg war derselbe; aber Personen, welche diese Drähte nur mit einer Hand

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. V, 493, 497.

berührten, also nicht in dem Kreis waren, bekamen keinen Schlag.

Auch **Gralath** erfand die Konstruktion der elektrischen Batterie, gebrauchte aber noch keine Belegung, wodurch er zur Entdeckung des Ladungsrückstandes geführt wurde. Er beobachtete nämlich, daſs die Flasche ihre Kraft nicht durch eine einzige Entladung verliert, sondern daſs man nacheinander mehrere Funken erhalten kann, die jedoch immer schwächer werden. Läſst man die Flasche einige Zeit stehen, so werden die Schläge sogar wieder stärker, und treten bisweilen noch auf, wenn jene alle Elektricität schon verloren zu haben scheint. Es ist dies, wie später erkannt, die Wirkung des Ladungsrückstandes, der bei unbelegten Flaschen gröſser ist als bei belegten.

342. In Frankreich experimentirte der Abt **Nollet** zuerst mit der elektrischen Flasche. Er führte den von **Gralath** gemachten Versuch in gröſserem Maſsstabe aus, indem er die Flasche in Gegenwart des Königs entlud durch eine Reihe von 180 Personen, welche mit den Drähten, mittelst deren je zwei sich anfaſsten, einen Kreis von 900 Toisen bildeten. Alle fühlten den Schlag zu gleicher Zeit, auch tödtete **Nollet** kleine Vögel und Fische durch die elektrische Entladung, und erwähnt, daſs Glasgefäſse dadurch zerbersten und runde Löcher bekommen. Bemerkenswerth ist, daſs **Nollet** schon eine richtige Ansicht von dem Nutzen des Wassers in der elektrischen Flasche hatte, und dazu diene, die Elektricität an die Innenseite des Glases zu bringen, aber dennoch verfiel er nicht auf eine Belegung desselben.

Nächst **Nollet** war es in Frankreich **Le Monnier**, der sich mit der elektrischen Flasche beschäftigte. **Louis Guillaume Le Monnier**, der Jüngere genannt, als jüngerer Bruder des an der lappländischen Gradmessung betheiligten **Charles Le Monnier** (§ 316), war zu Paris 1717 geboren und starb 1799 zu Montreuil. Er war Leibarzt des Königs Ludwig XVI., Generalstabsarzt, Professor der Botanik am

Jardin des plantes und Mitglied der Akademie. Obwohl er nur eine Abhandlung über den betreffenden Gegenstand in den Mém. de Paris von 1746 veröffentlichte, so gab er doch einige lehrreiche und wichtige Thatsachen darin an. Er beobachtete,

1) dafs die Flasche nicht geladen werden könne, wenn sie auf einem trocknen Glase steht, oder an seidenen Schnüren hängt, also isolirt ist, dafs sie aber sogleich Ladung annehme, sobald man sie aufsen ableitend berührt;

2) dafs wenn man bei einer geladenen Flasche, die isolirt ist, blofs den inneren Draht anfafst, man keinen Schlag bekommt, dafs man den Draht herausnehmen und dann die Flasche gar in die Tasche stecken kann, ohne dafür bestraft zu werden; dafs man aber sogleich wieder einen Schlag erhält, wenn man den Draht hineinsteckt und ihn zugleich mit der Aufsenseite der Flasche berührt;

3) dafs, wenn man bei einer geladenen und isolirten Flasche den inneren Draht mit der Hand berührt, die Aufsenseite der Flasche elektrisch wird und leichte Körper anzieht;

4) dafs eine geladene Flasche stundenlang ihre Kraft behält, und weit in der Hand umhergetragen werden kann.

Le Monnier schlofs ferner die elektrische Flasche durch einen Eisendraht von 2000 Toisen Länge, der ohne Isolation auf dem Boden über Gras, Hecken und Ackerland ausgebreitet war, und fand, dafs der Schlag sich ungeschwächt durch ihn fortpflanzte. Er führte die Entladung auch durch einen Draht, der neben dem Ufer eines Teiches im Tuillerien-Garten längs des halben Umfangs dieses einen Morgen grofsen Teiches fortging, und führte sie durch das Wasser zurück, indem eine Person das eine Ende des Drahtes mit der einen Hand anfafste und die andere in das Wasser steckte, während er selbst das zweite Ende des Drahtes mit der einen Hand hielt und mit der anderen die geladene Flasche. Brachte er nun den Draht der Flasche an den Knopf eines in das Wasser gesteckten Degens, so bekam die Person in demselben Augenblick einen Schlag.

Le Monnier versuchte auch die Geschwindigkeit der Fortpflanzung der Elektricität durch einen Eisendraht von 950 Toisen Länge zu messen, kam aber zu keinem Resultat, denn er fand, daſs die Geschwindigkeit nicht ¼ Sekunde betrage. — Alle diese Versuche publicirte er 1746.

343. Durch **Le Monnier** wurde **William Watson** in London veranlaſst ähnliche Versuche anzustellen, zum Theil in gröſserem Maſsstabe, die zu ihrer Zeit groſses Aufsehn erregten. Er bildete den Schlieſsungsbogen aus mehreren Eisenstangen, zwischen je zwei welchen ein Löffel voll Weingeist eingeschaltet wurde. Wenn er nun die Kette mit diesem Bogen schloſs, oder die Flasche abfeuerte, wie man damals sagte, so entzündete sich der Weingeist mit einem Male in allen Löffeln.

Am 14. Juli 1747 führte er die Entladung einer Flasche durch einen Eisendraht längs der Westminster-Brücke in London über die Themse und durch das Wasser des Flusses in solcher Weise wieder zurück, daſs zu beiden Seiten des Flusses Weingeist entzündet und Schläge an Personen ausgetheilt wurden. Diesen Versuch wiederholte er am 24. Juli in gröſserem Maſsstab, indem er die Entladung 8000 Fuſs durch Wasser und 2800 Fuſs durch den Erdboden gehen lieſs. Ja am 24. August 1747 führte er die Entladung sogar durch einen Eisendraht von 2 engl. Meilen und durch eine ebenso groſse Strecke des Erdbodens wieder zurück, also im Ganzen durch einen Schlieſsungsbogen von 4 engl. Meilen.

Er hatte bei diesen Versuchen wie **Le Monnier** die Absicht, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität zu messen, kam aber nur zu dem Resultat, daſs sie viel zu groſs sei, um, wenigstens nach seinem Verfahren, gemessen werden zu können; er fand sie fast instantan. Selbst **Wheatstone**'s Versuche im J. 1834 haben im Grunde zu keinem besseren Resultat geführt.

Watson hat auſserdem noch eine Menge Versuche angestellt, deren Detail leicht erkennen läſst, welche Schwierigkeiten und verworrene Vorstellungen man zu überwinden

hatte, um das Wesentliche in den Vorgängen bei der elektrischen Flasche richtig zu erkennen. Ich will nur einiges daraus hervorheben, was für die Geschichte der Elektricität von Wichtigkeit ist.

So glaubte **Watson** anfangs, daſs die Wirkung der Flasche von der Menge des darin enthaltenen Wassers oder leitenden Körpers abhänge. Als er indeſs ein gleiches Volumen Quecksilber hineinthat und die Wirkung nicht dadurch verstärkt wurde, sah er seinen Irrthum. Er fand ferner, daſs der Schlag sich gleich bleibe, an welcher Stelle der Auſsenfläche man auch die Flasche berühren möge, daſs er aber an Stärke zunehme, wenn das berührte Stück gröſser wird.

Als **Watson** diesen Versuch dem Dr. **Bevis** zeigte, kam letzterer auf den Einfall die elektrische Flasche ganz mit Wasser zu füllen, und auswendig bis auf den Hals mit Zinn- oder Bleifolie zu bekleiden. Nunmehr gab die Flasche einen viel stärkeren Schlag als zuvor, und man hatte nicht nöthig sie mit der Hand anzufassen, sondern brauchte sie nur mit einem in der Hand gehaltenen Draht zu berühren, wenn man den inneren Draht mit der anderen Hand angefaſst hatte. Das war ein wichtiger Schritt zur Vervollkommnung der leydener Flasche, aber doch nur ein halber, denn damals sah weder **Watson** noch **Bevis**, daſs es auf die Gröſse der inneren Berührungsfläche ankomme.

Bald darauf kam indeſs Dr. **Bevis** auf den Gedanken, eine Glasscheibe (Fensterscheibe) auf beiden Seiten bis auf 1 Zoll vom Rande ab mit Zinnfolie zu überziehen, und in ähnlicher Weise wie die leydener Flasche zu elektrisiren. Von dieser Scheibe bekam **Bevis** einen Schlag so stark, wie früher von einer Flasche, die ein Nöſsel oder ½ Pint Wasser enthielt. Dadurch ward nun **Watson** veranlaſst, irdene Krüge innen und auſsen mit Silberfolie bis auf 1 Zoll vom Rande zu bekleiden, und somit die leydener Flasche zuerst in vollkommener Gestalt darzustellen. Er belegte denn bald gröſsere Flaschen von beträchtlichen Dimensionen, von 22 Zoll Höhe, 41 Zoll Umfang und

1129 Quadratzoll belegter Fläche, und verband mehrere der Art in der Weise unserer jetzigen Batterien. Solcher belegten Flaschen bediente sich **Watson** auch zu den erwähnten Versuchen über die Geschwindigkeit der Elektricität.

Endlich entdeckte **Watson**, dafs die leydener Flasche, während sie geladen wird, an der Aufsenseite Funken giebt, allein die Bedeutung dieser Thatsache erkannte er nicht, wie er überhaupt eine richtige Vorstellung von dem Procefs des Ladens und Entladens der Flasche nicht hatte. Nur das sah er ein, dafs die Stärke der Entladung von der Gröfse der leitenden Flächen zu beiden Seiten des Glases abhänge.

William Watson war Apotheker und Arzt in London; er lebte von 1715 bis 1787, und ist in London geboren und gestorben. Er war ein eifriges Mitglied der Roy. Society, und hat, ohne grade ein Physiker ersten Ranges zu sein, die Philos. Transactions mit einer bedeutenden Anzahl werthvoller Aufsätze über sehr verschiedene Gegenstände bereichert.

Wer der Dr. **Bevis** war, dem man die Erfindung der belegten Flaschen eigentlich verdankt, läfst sich nicht mit Gewifsheit sagen, vermuthlich war es aber der Arzt Dr. **John Bevis**, geb. 1695 bei Old Sarum, Wiltshire, gest. 1771 zu London, wo er lebte und Mitglied der Roy. Soc. war. Er beschäftigte sich mit Optik und Astronomie, machte eine grofse Anzahl astronomischer Beobachtungen, gab **Halley's** astronomische Tafeln heraus, schrieb verschiedene werthvolle astronomische Werke, und erlangte durch dies alles einen solchen Ruf, dafs man ihn nach dem Tode von **Bliss** 1765 zum königl. Astronomen in Greenwich machen wollte, wobei ihm aber doch **Maskelyne** vorgezogen wurde. Er verfertigte auch ein Glas mit Borax in seiner Mischung und bestimmte dessen Refraktion, die er gröfser fand, als die vom englischen Krystallglas.

Neben **Watson** beschäftigte sich in England noch ein anderer Mann, der auch später in der Geschichte der

Elektricität eine Rolle spielt, schon sehr früh mit der leydener Flasche, nämlich **Benjamin Wilson**. Bereits unter dem 6. Oktober 1746 schrieb er aus Dublin an den berühmten **Smeaton**, daſs er das wahre Gesetz der Anhäufung der Elektricität in der Flasche aufgefunden habe, nämlich daſs die Elektricität proportional gehe direkt der Oberfläche des leitenden (unelektrischen) Körpers und umgekehrt der Dicke des Glases.

Man muſs sich einigermaſsen wundern, wie er dies gefunden, da er damals als leitenden Körper nur Wasser gebrauchte und dieses auch auſserhalb, indem er die Flasche (Phiole) in Wasser tauchte. Erst später wandte er Metallbelege an, und kam dabei auf die Beobachtung, daſs der Ladungsrückstand dann kleiner sei als bei unbelegten Flächen.[1])

Wilson scheint Maler gewesen zu sein, und war auch Mitglied der königl. Gesellschaft. Er erfand das elektrische Windrad, und später werden wir ihn auch in die Verhandlungen über die Blitzableiter verflochten sehen.

344. Ungeachtet die bisher angeführten Untersuchungen mancherlei recht schätzbare Beiträge zur Kenntniſs der Phänomene der elektrischen Flasche geliefert hatten, so blieb doch noch das Beste zu thun übrig. Keiner hatte den Zustand der Flasche während der Ladung und Entladung einigermaſsen genügend zu erklären vermocht, von einer Theorie konnte also noch gar nicht die Rede sein. Unerwarteter Weise sollte diese Dunkelheit aber bald zerstreut werden durch ein Licht, das von einer Seite aufging, von wo man bisher noch nicht gewohnt war die Naturwissenschaften, namentlich die Physik, erweitert zu sehen, von der neuen Welt aus, von Amerika.

Benjamin Franklin, damals noch Buchdrucker, Papierhändler und publicistischer Schriftsteller in Philadelphia, ein Autodidakt von scharfem Blick und klarem Verstand war es, der dieses Licht anzündete. Angeregt durch das

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. V, 506, 509.

Lesen der Schriften seiner Landsleute in Europa, die damals noch nicht politisch von ihm getrennt waren, warf er sich auf das Studium der elektrischen Erscheinungen, und gelangte bald zu Thatsachen und Ansichten, die er von 1747 an bis 1754 in einer Reihe von Briefen an **Peter Collinson** in London, Mitglied der Royal Society, bekannt machte.

Sowohl das Neue des Inhalts, so wie die Klarheit und Faſslichkeit der Darstellung, haben diesen Briefen eine groſse Berühmtheit gegeben, sie wurden in fast alle europäischen Sprachen übersetzt, und trugen wesentlich dazu bei, das Studium der Elektricität zu verbreiten und zu beleben.

Eine der Hauptentdeckungen **Franklin's** ist die, daſs die beiden Seiten der geladenen Flaschen entgegengesetzte Elektricitäten enthalten. Er beschreibt sie in seinem dritten Brief datirt Philadelphia den 28. Juli 1747. Danach beobachtete er, daſs wenn eine an einem seidenen Faden hängende Korkkugel von dem äuſseren Ueberzug einer geladenen Flasche angezogen ward, sie von einem mit der Innenseite kommunicirenden Draht abgestoſsen wurde und umgekehrt, wenn sie von der Auſsenseite zurückgestoſsen wurde, der innere Ueberzug sie anzog. Wurden die von der Auſsen- und Innenseite kommenden und mit einem Metallknopf endigenden Drähte bis auf wenige Zoll genähert, und die Korkkugel dazwischen gebracht, so wurde letztere abwechselnd von jenen angezogen, bis die Flasche entladen war.

Damit war denn auch eine Theorie der Ladung gegeben, aber eine andere, als wir jetzt allgemein annehmen. Schon **Watson** und **Wilson** hatten bemerkt, daſs wenn die Glaskugel oder der Glascylinder der Elektrisirmaschine einigermaſsen Elektricität geben solle, es nöthig sei das Reibzeug durch einen leitenden Körper, einen Metalldraht, mit dem Boden in Berührung zu bringen, gleichwie es nach **Le Monnier's** Entdeckung zum Laden einer leydener Flasche erforderlich ist, daſs sie auſsen ableitend berührt

werde. **Watson** bildete sich ein, der Draht am Reibzeug übe die Funktion aus, daſs er die Elektricität aus dem Boden oder der Umgebung in die Kugel hineinführe und dieselbe sich darin anhäufe. **Franklin's** Ansicht war die umgekehrte; nach ihm wird durch den Draht nicht Elektricität zugeführt, sondern fortgeführt.

Franklin nimmt eine einzige elektrische Materie an, und von dieser Materie enthalten die Körper je nach ihrer Natur eine gewisse Menge. Bei dem Proceſs der Elektrisirung, wozu ja mindestens immer zwei Körper erforderlich sind, geschieht nach **Franklin** nichts weiter als eine andere Vertheilung der Elektricität. Sie geht von dem einen Körper in den anderen, der eine bekommt einen Ueberschuſs, der andere einen Mangel an Elektricität, den ersten nennt er positiv elektrisirt, den anderen negativ. Er spricht auch von der positiven Elektricität des einen Körpers und der negativen des andern, ohne damit einen anderen Begriff zu verbinden, als den des Ueberschusses und Mangels an Elektricität in Bezug auf die natürliche Menge.

Zu den Versuchen, welche **Franklin** auf diese Ansicht führten, gehören besonders die folgenden: Es ist einem Menschen nicht möglich sich selbst zu elektrisiren, wenn er auf Glas oder Wachs steht, also isolirt ist. Die Glasröhre, welche er reibt, vermag ihm in diesem Fall nicht mehr Elektricität mitzutheilen, als sie beim Reiben von ihm empfängt. Stehen zwei Personen auf Wachs und die eine reibt, während die andere Funken aus dem geriebenen Glase zieht, so werden beide elektrisch, und wenn sie sich jetzt berühren, so kommt ein stärkerer Funke zwischen ihnen zum Vorschein, als wenn ein dritter eine von ihnen berührt, ihr elektrischer Zustand aber besteht nicht mehr. Nach **Franklin** hat hierbei die reibende Person Elektricität abgegeben und ist negativ elektrisch geworden; die andere hat einen Zuschuſs bekommen, ist also positiv elektrisch, und nach ihrer gegenseitigen Berührung ist alles wieder ausgeglichen, und in den ursprünglichen Zustand zurückgekehrt.

Diese Beobachtungen wandte **Franklin** auf die elektrische Flasche an. Wenn diese geladen wird, und die innere Seite ist positiv, so wird die äufsere negativ; es hat dann die eine grade so viel Elektricität gewonnen wie die andere abgegeben. Es ist in der geladenen Flasche nicht mehr elektrische Materie als vor der Ladung darin war, und da das Glas keine Elektricität durchläfst, so kann das Gleichgewicht nur durch Leiter wieder hergestellt werden, welche die Innen- und Aufsenseite miteinander verbinden.

Diese Erklärung der Phänomene der leydener Flasche bildet die Glanzseite der Franklin'schen Theorie, die dadurch überwiegenden Beifall bei den Physikern errang, und siegreich gegen die Angriffe des Abbé **Nollet** sich behauptete, sowie andere Mängel übersehen liefs. Um die Anziehungs- und Abstofsungserscheinungen zu erklären, läfst **Franklin** die Theilchen der elektrischen Materie einander abstofsen und von den Körpern angezogen werden, woraus sich leicht die Repulsion positiv elektrischer Körper und die Anziehung ungleichnamig elektrischer ergiebt. Dagegen erfordert die Abstofsung der negativen Körper eine neue Annahme, nämlich die, dafs die von Elektricität entblöfsten Körpertheilchen sich abstofsen!

In Verfolgung seiner Beschäftigung mit der leydener Flasche wurde **Franklin** zu der Erfindung derjenigen Kombination geführt, welche man später nach ihm die Franklin'sche Batterie, auch Kaskaden-Batterie, Flaschensäule genannt hat; er selbst nennt sie elektrische Batterie und beschreibt sie in seinem 4. Briefe, Philadelphia 28. März 1748. Bei ihr ist die Aufsenbelegung einer jeden Flasche mit der Innenbelegung der folgenden verbunden, während bei der gewöhnlichen Einrichtung sämmtliche Aufsenbelegungen unter sich verbunden sind, und ebenso die Innenbelegungen.

Blitzableiter.

345. Diese und andere Arbeiten verschafften **Franklin** unter den damaligen Physikern grofses Ansehn, am meisten aber wirkte zur Verbreitung seines Ruhmes unter den Zeitgenossen, und zur Verewigung seines Namens bei der Nachwelt, seine Erfindung der Blitzableiter, hervorgegangen aus der Ansicht, dafs der Blitz nichts anderes sei als ein elektrischer Funke in grofsem Mafsstabe.

Man kann gerade nicht sagen, dafs diese Ansicht zu **Franklin**'s Zeiten ganz neu gewesen sei. Schon **Wall** that 1708 eine dahin gehende Aeufserung und späterhin auch **Desaguiliers**, ebenso sprach sich **Nollet** im J. 1743 in seinen *Leçons de physique expérimentale Vol. V*, p. 34 aus; ja unser Landsmann **Winkler** widmet in seiner Schrift *Die Stärke der elektrischen Kraft des Wassers in gläsernen Gefäfsen, Leipzig 1746* ein eigenes Kapitel der Frage, ob Schlag und Funken der verstärkten Elektricität für eine Art des Donners und Blitzes zu halten seien? Er vergleicht die Erscheinungen und Wirkungen beider, und kommt dabei zu dem Resultat, dafs der einzige Unterschied zwischen beiden in den Grad der Stärke zu setzen sei. Kein Physiker vor **Franklin** hat diese Ansicht so ausführlich und so überzeugend vorgetragen als **Johann Heinrich Winkler**, dennoch blieb sie völlig unbeachtet! Vielleicht kann man meinen darum, weil sie nicht von einem experimentellen Beweis unterstützt wurde. Allerdings war sie das nicht, aber auch bei **Franklin** war sie anfänglich blofs eine Hypothese, gemischt noch dazu mit einer anderen gar wunderlichen über die Entstehung der atmosphärischen Elektricität, die er selbst später wieder fallen liefs.

Das einzige und allerdings wichtige Moment, welches **Franklin** vor **Winkler** voraus hat, ist, dafs er ein Experiment vorschlug um seine Hypothese zu prüfen. Dieser Vorschlag findet sich in der Beilage zu seinem 5. Briefe, der vom J. 1750 datirt. Schon im J. 1747 hatte er die aufserordentliche Kraft der Spitzen bei elektrischen La-

dungen und Entladungen beobachtet, und er schreibt die Entdeckung seinem Freunde **Thomas Hopkinson** zu, wobei jedoch bemerkt sein mag, daſs schon vorher **Jallabert** und **Nollet** Wahrnehmungen über die Wirkungen der Spitzen gemacht hatten, ohne indeſs dieselben genauer zu untersuchen[1]). **Franklin** machte nun den Vorschlag ein Schilderhaus auf einen hohen Thurm zu stellen, und von einem Isolirschemel in der Mitte desselben eine 30 Fuſs lange oben zugespitzte Eisenstange durch die Thür in die Höhe zu führen.

Franklin lieſs es anfangs bei dem bloſsen Vorschlag bewenden, ja er sorgte nicht einmal dafür, daſs er von Anderen ausgeführt wurde. Wenn daher die heutigen Amerikaner uns manchmal mit übertriebenem Selbstgefühl vorhalten, was Alles Europa ihnen verdanke, so kann man ihnen erwidern, daſs wenigstens in diesem Fall die alte Welt der neuen zuvorgekommen ist, und einen wesentlichen Antheil an dem Verdienst der neuen hat. Zwei Anhänger von **Franklin** die Franzosen **Dalibard** und **Delor** waren es, die unaufgefordert aus reinem Eifer für die Sache seinen Vorschlag zuerst zur Ausführung brachten.

Dalibard hatte zu Marly-la-ville, sechs Stunden von Paris, eine 40 Fuſs hohe Eisenstange mit seidenen Schnüren an Pfähle befestigt, die ebenso wie das untere Ende der Stange nicht vom Regen getroffen werden konnten. Während seiner Abwesenheit hatte er einen von ihm für den Versuch unterrichteten Wächter Namens **Coiffier** angestellt, und dieser war es, der am 10. Mai 1752 Nachmittags, als ein heftiges Gewitter vorüberzog, mittelst eines Drahtes die ersten Funken der vom Himmel herabgebrachten Elektricität aus der Eisenstange herauszog. Die Funken waren $1\frac{1}{2}$ Zoll lang, rochen nach Schwefel und fuhren unter Knistern aus der Stange.

Acht Tage darauf machte **Delor** in seinem Hause zu Paris denselben Versuch mit einer 99 Fuſs hohen Eisen-

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. V, 577.

stange in Gegenwart des Königs und zu einer Zeit, wo zwar Gewitterwolken am Himmel standen, es aber weder blitzte noch donnerte.

Erst im Juni desselben Jahres, aber allerdings nicht aus Anlaſs der eben angeführten Versuche, von denen er noch keine Nachricht hatte, legte **Franklin** selber Hand an die Bestätigung seiner Hypothese, und zwar in anderer Weise als er anfänglich vorgeschlagen hatte, nämlich mittelst des sogenannten elektrischen Drachens. Dieser bestand aus einem groſsen seidenen Taschentuch, ausgebreitet über ein Kreuz aus Holzstäben mit eiserner Spitze, und hatte eine Hanfschnur, woran unten ein Schlüssel befestigt war, den eine seidene Schnur von der haltenden Hand isolirte.

Als er diesen Drachen in Gesellschaft seines Sohnes (um sich dem Gespötte zu entziehen) während des Vorüberganges von Gewitterwolken aufsteigen lieſs, hatte er die Freude Funken aus dem Schlüssel ziehen zu können. Im September 1752 führte er dann seinen anfänglichen Vorschlag aus; er errichtete auf seinem Hause eine isolirte Eisenstange, und versah sie am unteren Ende mit einem Paar Glocken, um durch das Läuten derselben nach Art des elektrischen Glockenspiels benachrichtigt zu werden, daſs die Stange elektrisch geworden sei. Am 12. April 1753 lud er an dieser Stange eine leydener Flasche, oder zapfte den Blitz auf Bouteillen, womit denn die Aehnlichkeit desselben mit dem künstlichen elektrischen Funken erwiesen, also die Hypothese **Franklin**'s bewahrheitet wurde.

Aus diesen Erfahrungen zog **Franklin** nun den Schluſs, daſs man die schädlichen Wirkungen eines Blitzschlages von den Gebäuden würde ableiten können, wenn man auf oder neben ihnen Eisenstangen errichtete, und diese mit dem Erdboden in Verbindung setzte. Im September 1753, im 13. Brief, setzte er näher auseinander, weshalb solche Stangen Schutz gegen die Wirkungen des Blitzes gewähren. Der Blitz, sagt er, explodirt nur dann, wenn die leitenden Körper die elektrische Materie schneller empfangen,

als sie dieselbe wieder abgeben können, d. h. wenn sie getheilt oder getrennt, wenn sie zu kleine oder zu schlechte Leiter sind. Daher, setzte er hinzu, werden ununterbrochene Metallstangen von hinreichender Dicke entweder die Explosion ganz verhüten, oder wenn sie zwischen der Spitze und den Wolken entstanden wäre, sie wenigstens fortleiten soweit die Stange reicht.

Die Nützlichkeit der Blitzableiter war den praktischen Amerikanern sogleich einleuchtend, und sie säumten nicht die Vorschläge ihres berühmten Landsmannes alsbald zur Ausführung zu bringen; aber auch in Europa verbreitete sich das nützliche Werkzeug sehr rasch.

In Deutschland hatte schon unabhängig von **Franklin** in demselben Jahr unser **Winkler** in einer kleinen Schrift *Programma de avertendi fulminis artificio*, *Lips. 1753* die Anlegung der Blitzableiter empfohlen und Vorschriften dazu gegeben, und muthmafslich in Folge dessen wurde schon ein Jahr darauf 1754 der erste Blitzableiter bei uns wirklich ausgeführt. Diesen ersten Blitzableiter in Deutschland und zugleich in Europa errichtete **Procopius Divisch**, Prämonstratenser Chorherr und Pfarrer zu Prenditz bei Znaym in Mähren, an seinem Wohnort. Dieser aufgeklärte Geistliche, der darüber eine Abhandlung in den Schriften der böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften schrieb, und sich auch später noch mit der atmosphärischen Elektricität beschäftigte, starb 1765. In England wurde erst 1762 durch **Watson** ein Blitzableiter zu Payneshill errichtet, und diesem folgten dann bald mehrere an andern Orten und in anderen Ländern; in Hamburg 1769 auf dem Jakobikirchthurm durch den verdienten **Reimarus**. Nach Italien kamen sie später.

346. Gegen Ende seiner Laufbahn als Physiker sahe **Franklin**, obgleich man im Allgemeinen seine wohlthätige Erfindung überall mit dem gröfsten Beifall aufnahm, einen Streit entstehen und sich selbst mit hineingezogen, der viele Jahre anhielt, ohne dafs er, wie so viele gelehrte Diskussionen, eigentlich zum definitiven Abschlufs gekommen

wäre. Er entspann sich über die Frage was besser sei, zugespitzte oder abgerundete Blitzableiter, offensive oder defensive. **Franklin** hatte sich, gestützt auf die Versuche im Kleinen, welche die starke Entladungskraft der Spitzen dargethan hatten, für die zugespitzten Ableiter erklärt. Seiner Meinung nach sollten die Ableiter nicht bloſs einen zufällig auf Gebäude herabfallenden Blitzstrahl unschädlich zur Erde leiten, sondern auch eine darüber schwebende Wolke gleichsam entwaffnen, ihre Elektricität einsaugen und den gewaltsamen Ausbruch derselben verhüten.

Nun fügte es sich, daſs der Blitz zu Brescia ein Pulvermagazin in die Luft gesprengt hatte, und dies veranlaſste den Generalstab der englischen Artillerie sich mit der Frage an die königl. Gesellschaft zu wenden, wie man solche Gebäude wohl am besten durch Blitzableiter schützen könne. Die königl. Gesellschaft erwählte deshalb 1772 einen Ausschuſs bestehend aus **Cavendish**, **Watson**, **Franklin**, **Robertson** und **Wilson**. Die vier ersten erklärten sich für spitze Ableiter, **Wilson** dagegen für stumpfe. Er schrieb darüber 1773 eine lange Abhandlung *Observations on lightning*[1]), worin er u. A. als Grund gegen die spitzen Ableiter anführt, daſs sie den Blitz herbeilockten und man eine so gefährliche Materie nicht zum Besuche einladen müsse.

Der Streit bekam eine neue Nahrung, als der Blitz am 15. Mai 1777 in das mit einem spitzen Ableiter versehene Schiffsmagazin zu Purfleet einschlug, und einigen Schaden anrichtete. **Wilson** trat nun abermals als Gegner der spitzen Ableiter auf und stellte zugleich eine Reihe prächtiger Versuche an, um die Vorzüge der stumpfen zu erweisen. Bei dieser Gelegenheit kamen die Donnerhäuschen auf, die später von **Cavallo** verbessert wurden. **Wilson**'s Einwürfe wurden bald darauf in einer Untersuchung von **Edward Nairne**, Mechaniker in London und

---

[1]) Philos. Transact. for 1773 u. Phil. Tr. abridged XIII, 374.

Mitglied der Roy. Society [1]), widerlegt und damit ist denn der Streit eingeschlafen.

Nairne's Untersuchung ist noch insofern interessant, als sie ihn auf die elektrischen Pausen führte, welche zuerst 1776 **Joh. Friedr. Grofs** (1732—1795), Prof. der Physik und Mathematik an der Karlsschule zu Stuttgart, beschrieb. Derselbe gab Versuche an, bei denen er aus einer elektrischen Kugel von 1 Zoll Durchmesser Funken erhielt bis zu 2″ Entfernung, von 2 bis 10″ keine, und hierauf wieder Funken bei einem Abstand von 10 bis 16 Zoll.

Franklin überlebte den Triumph seiner nützlichen Erfindung noch lange, obwohl er seit der Mitte des sechsten Decenniums im XVIII. Jahrhundert immer mehr vom Physiker zum Staatsmann überging und von 1775 an, wo er mit Gefahr seiner persönlichen Freiheit aus London nach Philadelphia zurückkehrte, den lebhaftesten Antheil an dem Kampfe seines Vaterlandes gegen England nahm. Am 20. Januar 1783 unterzeichnete er zu Versailles die Präliminarien des Friedens mit, wodurch die Unabhängigkeit der Vereinigten Staaten anerkannt wurde. Alsdann zum Präsidenten der Versammlung von Pennsylvanien ernannt, lebte er noch bis zum 17. April 1790 in unausgesetzter Thätigkeit für das Wohl seiner Mitbürger. Er war geboren zu Boston den 17. Januar 1706. Seine Verdienste hat **d'Alembert** ebenso wahr als schön durch den Hexameter besungen:

Eripuit coelo fulmen, sceptrumque tyrannis.

Muthig entrifs er dem Himmel den Blitz, den Tyrannen das Scepter.

Sein Gegner auf theoretischem Felde, der Abbé **Jean Antoine Nollet**, starb lange vor ihm 1770 als Prof. der Physik am Collège de Navarre, an der Artillerie und Ingenieurschule zu Paris, und Mitglied der Akademie, ge-

---

[1]) Philos. Transact. for 1778 u. Phil. Tr. abridged XIV, 427.

boren 1700 zu Pimpré, Diöcese Noyon. Wenn er auch in Originalität seiner Untersuchungen nicht mit **Franklin** verglichen werden kann, so mufs man doch zugeben, dafs er im Detail manche werthvolle Beobachtung gemacht hat, und durch die grofse Anzahl seiner Arbeiten über Elektricität und andere Gebiete der Physik sehr viel zur Belebung des physikalischen Studiums beigetragen hat. Er ist auch, beiläufig bemerkt, der erste Entdecker der Diffusion tropfbarer Flüssigkeiten oder der Endosmose, welche er in den Mém. de l'Acad. des sciences de Paris 1748 beschrieben hat.

Atmosphärische Elektricität.

347. Durch **Franklin's** Entdeckungen wurde den Physikern ein neues Feld zur Untersuchung, das Gebiet der atmosphärischen Elektricität eröffnet, wie man auch sagen kann, dafs durch sie zugleich der einzigen bis dahin bekannten Elektricitätsquelle, dem Reiben der Körper, eine neue die Atmosphäre hinzugefügt ward. Schon **Franklin** selbst beobachtete im April 1753 an seiner isolirten Eisenstange, dafs Gewitterwolken meistens negativ elektrisch seien, dafs aber auch positiv elektrische vorkommen, und dafs sich selbst aufser den Zeiten von Gewittern mehr oder weniger starke Anzeigen von Elektricität in der Atmosphäre nachweisen lassen.

Der Eifer, den er unter den Physikern Europas angezündet hatte, bewirkte indefs, dafs von diesen zum Theil schon vor ihm ähnliche Beobachtungen gemacht wurden. **De Romas**, Assessor beim Landgericht zu Nerac im südlichen Frankreich, lediglich ein Liebhaber der Wissenschaft, war, ohne von **Franklin's** Versuchen Kunde zu haben, auch auf die Idee des elektrischen Drachens gerathen, und er hat den Ruhm dies Instrument in riesenhaftester Gröfse dargestellt zu haben.

Sein Drache war von Papier, $7\frac{1}{2}$ Fufs hoch, 3 Fufs breit und hatte 18 Quadratfufs Oberfläche; die Schnur war mit einem Eisendraht durchflochten und endigte unten mit

trockener Seide, um die Versuche ohne Gefahr anstellen zu können. Er liefs den Drachen am 7. Juni 1753 an einer 780 Fuſs langen Schnur 550 Fuſs hoch steigen. Die Wirkungen waren wirklich schreckenerregend, obgleich weder Blitz noch Donner in den Wolken wahrgenommen wurden. Das Knistern der aus der Schnur gezogenen Funken war auf 200 Schritte hin hörbar, und schon in einer Entfernung von 3 Fuſs hatte er das Gefühl als ob Spinngewebe auf seinem Gesichte sei. Eine Blechröhre, die an der Schnur hing, richtete aus einer Höhe von 3 Fuſs über dem Erdboden auf diesem liegende Strohhalme empor, welche wie beim elektrischen Puppentanz um die Röhre sich bewegten. Als der längste Strohhalm plötzlich von der Röhre angezogen wurde, erfolgten drei Explosionen einem Donnerknall ähnlich und eine Feuermasse erschien, die auf 8 Zoll Länge und ½ Zoll Dicke geschätzt wurde. Auch der bei elektrischen Entladungen so oft empfundene charakteristische Geruch, gewöhnlich als Schwefelgeruch bezeichnet, fehlte nicht. Später im August 1757 erhielt **de Romas** bei ähnlichen Versuchen sogar 10 Fuſs lange Funken, zu denen er sich zweckentsprechender Auslader bediente.

Nicht so vorsichtig war der Professor **Richmann** in Petersburg. Dieser hatte die isolirte Eisenstange, die er auf seinem Hause errichtet, ohne alle Ableitung aufgestellt. Als er am 6. August 1753 um die Mittagszeit bei einem heraufsteigenden Gewitter den elektrischen Zustand der Stange untersuchen wollte, und er sich ihr bis auf 1 Fuſs genähert hatte, fuhr ihm aus derselben ein faustgroſser Feuerball gegen den Kopf und warf ihn augenblicklich todt zu Boden [1]).

Richmann's Schicksal erregte, wie man sich leicht denken kann, groſse Sensation; allein, wenn auch das Studium der atmosphärischen Elektricität dadurch eine Unterbrechung erlitt, so wurde es doch bald wieder aufge-

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. V, 615, 620.

nommen, und in vorsichtigerer Weise betrieben. Ja schon vor **Richmann**'s Ende hatte man in Frankreich den zur Erkenntniſs des elektrischen Zustandes der Atmosphäre richtigen Weg eingeschlagen, die Versuche bei heiterem Himmel auſser der Zeit von Gewittern vorzunehmen.

In dieser Weise stellte **Le Monnier** schon 1752, also vor **Franklin**, Versuche zu St. Germain-en-Laye an, und that durch dieselben dar, daſs die Luft auch bei Abwesenheit von Gewittern elektrisch sei, daher man nicht mit Unrecht **Le Monnier** als Entdecker der Luft-Elektricität betrachtet. Ihm folgten:

Giacomo Battista Beccaria, geb. 1716 zu Mondovi, gest. 1781 zu Turin als Professor der Physik daselbst. Er handelt über den Gegenstand in den von ihm verfaſsten Schriften: *Dell' elettricismo naturale ed artificiale, Torino 1753* und *Dell' elettricità terrestre atmosferica a cielo sereno, ibid. 1775.*

Tiberio Cavallo, geb. 1749 zu Neapel, gest. 1809 zu London, Mitglied der Royal Society, beobachtete zu Islington bei London, und sammelte aus einer groſsen Reihe von Versuchen, theils mit elektrischen Drachen theils mit eigens dazu konstruirten Luft-Elektrometern, den gröſsesten Theil der Data, die wir jetzt über die Elektricität der Atmosphäre besitzen, ohne daſs wir eigentlich bis heute genau angeben können, woher dieselbe ihren Ursprung nimmt.

Anwendung in der Medicin.

348. Aehnlich wie das tragische Ende **Richmann**'s der Beschäftigung mit der atmosphärischen Elektricität eine Zeitlang Abbruch that, ward auch der medicinischen Anwendung der Elektricität für einige Jahre ein bedeutender Stoſs versetzt durch den am 1. December 1750 bei Versuchen mit der leydener Flasche erfolgten Tod von **Joh. Gabriel Doppelmaier**, Professor der Mathematik am Aegidien-Gymnasium zu Nürnberg, der jedoch nicht, wie sich bald ergab, von der Elektricität getödtet, sondern vom Schlage getroffen worden war.

Was die medicinische Anwendung der Elektricität betrifft, deren ich hier eben gedacht habe, so datirt diese von **Christian Gottlieb Kratzenstein** (geb. 1723 zu Wernigerode), damals praktischer Arzt in Halle, später Professor der Physik in Petersburg und seit 1753 in Kopenhagen, wo er 1795 starb. Im J. 1745 veröffentlichte er eine kleine Schrift: *Abhandlung vom Nutzen der Elektricität in der Arzneiwissenschaft, Halle 1745;* er wollte beschleunigten Puls und vermehrte Transpiration durch Elektricität bewirkt haben. Ihm folgten in Deutschland **Joh. Baptist Bohadsch** (1724—1768), Arzt und Professer der Naturgeschichte zu Prag, wo er geboren und gestorben ist; er schrieb *Dissert. de utilitate electrisationis in curandis morbis, Pragae 1751;* ferner in der Schweiz **Jallabert** zu Genf, und in Frankreich **Nollet**, **Sauvages** und Andere.

Besonders von 1755 an werden die elektrischen Kuren häufiger, zumal bei Lähmungen, auch der grofse **Linné** fing um diese Zeit an sich mit dem Gegenstand zu beschäftigen, und es wurden seitdem so viele Schriften darüber herausgegeben, dafs ich es schon darum für gerathen halte die Geschichte dieser mehr der Medicin als der Physik anheimfallenden Bemühungen nicht weiter zu verfolgen. Wie viele Selbsttäuschungen oder absichtliche Betrügereien hier in der ersten Zeit mit unterliefen, davon nur zwei Beispiele. **Pivati**, ein Jurist zu Venedig, glaubte 1747 eine Methode entdeckt zu haben die Medikamente auf Kranke wirken zu lassen, ohne ihnen dieselben materiell beizubringen; es genüge im Wesentlichen den Patienten an den die Arznei enthaltenden und elektrisirten Behälter zu bringen. Selbst unser ehrlicher **Winkler** verfiel in einen ähnlichen Irrthum und meinte, die Gerüche von Substanzen pflanzten sich durch elektrisirte Glasgefäfse fort.

Elektroskop.

349. Indem nun so die Elektriker nach zwei Seiten hin, in der Atmosphäre und Medicin, ein neues Feld ihrer Thätigkeit gefunden hatten, wurden die Arbeiten, welche

auf eine Theorie der elektrischen Erscheinungen überhaupt abzielten, keineswegs vernachlässigt, im Gegentheil bald so gehäuft, dafs es für den Historiker eine bedeutende Schwierigkeit hat, aus der grofsen Masse von Thatsachen die wichtigen von den unwichtigen zu sondern, und sie zugleich so zu verknüpfen, dafs daraus ein übersichtliches Bild von den Fortschritten der Wissenschaft hervorgeht.

Zu den Männern, welche in der Franklin'schen Periode sich besonders um die Elektricitätslehre verdient gemacht und durch ihre Arbeiten wirklich diesen Zweig der Physik gefördert haben, gehört **John Canton**, der Sohn eines Tuchwebers, geb. 1718 zu Stroud, Gloucestershire, und gestorben 1772 zu London. Er bekleidete den gröfsten Theil seines Lebens die bescheidene Stelle eines Schulvorstehers, wobei er aber doch Mufse und Mittel fand Untersuchungen zu liefern, die ihm bald einen sehr ehrenvollen Platz unter den Mitgliedern der königl. Gesellschaft erwarben. Ihm verdanken wir z. B. eine Methode künstliche Magnete zu machen oder Stahl zu magnetisiren allein mit Hülfe des Erdmagnetismus, wofür er Mitglied der Royal Society ward [1]). Ferner die ersten Versuche über die Kompressibilität des Wassers und anderer Flüssigkeiten, wodurch die Kompression wirklich bewiesen ward [2]). Dann die Entdeckung eines neuen Leuchtsteins oder Phosphors, des nach ihm benannten Canton'schen Phosphors, bestehend aus Schwefelcalcium, dargestellt aus Austerschalen und Schwefel [3]).

Was seine Arbeiten im Gebiet der Elektricität betrifft, so mufs zunächst erwähnt werden, dafs er in England der erste war, der **Franklin**'s Hypothese vom Blitz bestätigte, indem er 1752 während eines Gewitters Funken aus einer isolirten Eisenstange zog. Bei fortgesetzter Beobachtung fand er, dafs sich einige Wolken in einem po-

---

[1]) Philos. Transact. 1751; desgl. abridged X, 131.
[2]) Ibid. 1761, 1762; XI, 665; XII, 151.
[3]) Ibid. 1768; XII, 579.

sitiven, andere in einem negativen elektrischen Zustand befanden, und dafs deswegen die Elektricität seines Ableiters in weniger als einer halben Stunde fünf- bis sechsmal aus dem einen Zustand in den andern überging. Auch bemerkte er im J. 1754, dafs die Wolken häufiger und länger negativ waren als positiv, die positive Kraft aber gemeiniglich als die stärkere sich zeigte[1]).

Weshalb ich aber vorzüglich **Canton** hier nennen mufs, ist der Umstand, dafs wir ihm das erste Instrument verdanken, wodurch die Elektricität nicht nur angezeigt, sondern auch, wenigstens angenähert, gemessen werden kann, das erste eigentliche Elektrometer oder Elektroskop. Schon **Gray** und **Dufay** beobachteten, dafs nebeneinander hängende Fäden nach der Elektrisirung divergirten oder einander zurückstiefsen, und **Dufay** benutzte bereits 1733 die Divergenz zweier solcher Fäden, um den elektrischen Zustand einer Stange daran zu erkennen. **Nollet** schlug 1747 vor, den Winkel der Divergenz als Mafs für die Stärke der Elektricität zu benutzen, und durch den Schatten der Fäden auf einem getheilten Gradbogen zu messen. **Jakob Siegismund v. Waitz**, der 1777 in Berlin als Staatsrath starb, empfahl in seiner von der berliner Akademie gekrönten *Abhandlung von der Elektricität und deren Ursachen, Berlin 1745* Gewichtchen an die Fäden zu hängen, um so die abstofsende Kraft der Elektricität mit der Schwere vergleichen zu können. **Ellicott**[2]) endlich und **Gralath**[3]) wollten die Anziehung vermittelst einer Wage messen.

Allein ein praktisch brauchbares Elektrometer hatte noch keiner dargestellt, das that erst **Canton** mit seinem Korkkügelchen- oder Hollundermarkkügelchen-Elektrometer[4]). Dieses ist das Vorbild einer Unzahl anderer geworden, die im Princip nicht von ihm abweichen und von denen ich hier nur erwähnen will: **Henley**, Quadrant-Elek-

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. V, 596.
[2]) Philos. Transact. f. 1748.
[3]) Abhandl. d. naturforsch. Gesellsch. zu Danzig 1747.
[4]) Phil. Transact. 1753; abridged X, 421.

trometer, Phil. Transact. 1772; abridg. XIII, 323. — **Cavallo**, complete Treatise on electricity 1777. — **Achard**, berliner naturforsch. Gesellsch. 1775. — **Lane**'s Auslader, Phil. Tr. 1767; abr. XII, 475. — **Volta**, Strohhalm-Elektrometer, erfunden 1781. Meteorol. Briefe No. 1. — **Bennet**, Goldblatt-Elektrometer, Phil. Transact. 1787; abr. XVI, 173.

Elektrischer Wirkungskreis.

350. Seit **Dufay** im J. 1733 den Unterschied der Glas- und Harz-Elektricität, Electricité vitrée und résineuse, aufgestellt hatte, nahm man allgemein an, daſs die Art der von einem geriebenen Körper erhaltenen Elektricität auf eine unabänderliche Weise mit dessen Natur verknüpft sei. **Canton** war es, der zuerst diesen Irrthum berichtigte, indem er durch eine 1753 angestellte und 1754 in den Phil. Transact. veröffentlichte Reihe von Versuchen darthat, daſs ein und derselbe Körper positive und negative Elektricität geben könne, je nach dem Zustand seiner Oberfläche und der Beschaffenheit des reibenden Körpers.

So fand er, dass eine mattgeschliffene Glasröhre mit Flanell gerieben negativ wurde wie Siegellack, während sie im polirten Zustand mit demselben Flanell gerieben positive Elektricität gab. Selbst aus der matten Röhre konnte er positive Elektricität erhalten, wenn er sie erst mit Talg bestrich, dann abwischte und nun mit geölter Seide rieb, auf welche etwas Kreide gestrichen war. Die Arbeiten der späteren Physiker haben diese Entdeckung **Canton**'s nur bestätigt und erweitert.

Eine andere Arbeit **Canton**'s, dieselbe, in welcher er das Korkkügelchen-Elektrometer beschrieb (Phil. Tr. 1753), erregte unter den Zeitgenossen ein noch gröſseres Aufsehen, so daſs **Priestley** in seiner Geschichte der Elektricität davon sagt, die Erscheinungen sähen den Wirkungen einer Zauberkraft ähnlich, obwohl sie uns heut zu Tage sehr einfach und natürlich vorkommen. Die Arbeit betraf die sogen. elektrische Atmosphäre.

Die ersten Elektriker, die von den mannichfaltigen elektrischen Erscheinungen kaum mehr als die Anziehung und Abstofsung kannten, schrieben diese öligen Ausflüssen zu, die nach ihrer Vorstellung den geriebenen Körper wie eine Atmosphäre umgeben, woraus denn der Name elektrische Atmosphäre entstand. Nach und nach liefs man von der groben Vorstellung etwas fallen, aber ganz konnte man sich doch von ihr nicht trennen, und selbst **Canton** kam nicht aufs Reine, obgleich seine Versuche den ersten Anstofs gaben zu einer richtigen Einsicht.

Diese Versuche waren nun folgende [1]): Er hing ein Paar Korkkugeln an Zwirnfäden und ein anderes Paar an Seidenfäden auf. Bei Annäherung einer elektrischen Röhre divergirten die ersteren, fielen aber nach dem Zurückziehen der Röhre wieder zusammen; die Kugeln an den seidenen Fäden dagegen traten erst bei gröfserer Nähe der Röhre auseinander, blieben aber auch nach Fortnahme der Röhre noch längere Zeit getrennt. **Canton** erklärte sich diese Vorgänge dadurch, dafs er meinte, die Kugeln würden im ersten Falle gar nicht elektrisch, weil sie an leitenden Fäden hingen, und ihre Divergenz sei nur die Folge der von der elektrischen Röhre ausgehenden Atmosphäre, deren Theilchen von den Kugeln angezogen, auf denselben verdichtet würden, und sich nun abstiefsen. Bei den Kugeln an seidenen Fäden müfste wohl ein Theil der elektrischen Materie sich in die Fäden begeben, so dafs erst in dem dichteren der Röhre näheren Theil der Atmosphäre die zur Abstofsung erforderliche Kraft gewonnen werde.

Er isolirte ferner Blechröhren und hing an jedem der Enden ein Paar Korkkügelchen auf. Wenn er nun die elektrische Röhre der Metallröhre näherte oder sie zurückzog, so sah er die Korkkugeln bald divergiren, bald convergiren, und er bemühte sich, diese Erscheinungen ebenfalls durch die elektrische Atmosphäre zu erklären.

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. V, 726 f.

Durch **Canton** wurde **Franklin** veranlafst eine Untersuchung über diese Wahrnehmungen anzustellen, die er im December 1755 der königl. Gesellschaft mittheilte. Aber auch er kam mit der Sache nicht ins Klare, und vermochte sie nicht nach seiner Theorie vom Ueberschufs und Mangel an Elektricität genügend zu erklären. Namentlich behielt er die Meinung bei, dafs ein Körper, der in die sogenannte elektrische Atmosphäre eines anderen elektrisirten Körpers komme, dieselbe Elektricität erhalte, welche dieser besitzt.

351. Erst zweien unserer Landsleute war es vorbehalten, diesen Grund-Irrthum zu heben, und damit nicht nur eine vollständige Erklärung der elektrischen Vertheilung zu geben, sondern auch überhaupt eine richtige Theorie der Elektricität anzubahnen. Diese beiden Männer, welche durch die Umstände gezwungen ihren Wirkungskreis leider im Auslande suchen mufsten, und deshalb gewöhnlich von Engländern und Franzosen nicht einmal für Deutsche anerkannt werden, obgleich sie es ebenso gut waren, wie der berühmte Chemiker **Scheele** und die Mehrzahl der Mathematiker und Physiker, welche in der zweiten Hälfte des XVIII. Jahrhunderts den Glanz der petersburger Akademie ausmachten. Diese beiden Männer waren **Wilke** und **Aepinus**.

Johann Karl Wilke (Wilcke) war der Sohn eines Predigers in Wismar, damals eine schwedische Besitzung, und daselbst geboren 1732. Er machte seine Studien in Göttingen und Rostock, wo er promovirte, und darauf einige Zeit in Berlin lebte. Hier traf er zusammen mit **Aepinus**, mit dem er gemeinschaftlich und erfolgreich die Erscheinungen der leydener Flasche studirte. Darauf ging er nach Stockholm, wo er auf dem Ritterhause physikalische Vorlesungen hielt, und bald zum Mitglied der Akademie der Wissenschaften ernannt wurde. Die Akademie machte an ihm eine sehr glückliche Acquisition, denn bis an seinen 1796 zu Stockholm erfolgten Tod, über 30 Jahre lang, blieb er in unausgesetzter Thätigkeit, und bereicherte die Schriften der Akademie mit zum Theil sehr wichtigen Ab-

handlungen über fast alle Zweige der Physik, namentlich über die Wärmelehre, Elektricität und den Magnetismus. Er hat unabhängig von **Black** und **Crawford** 1772 die specifische Wärme entdeckt, sie zuerst genau untersucht, und auch vor jenen noch seine Untersuchung publicirt. Ebenso hat er die erste Karte von der magnetischen Inklination geliefert. Alle seine Arbeiten tragen den Charakter der Einfachheit und Klarheit an sich.

Franz Ulrich Theodor Aepinus war auch ein Mecklenburger, geb. 1724 zu Rostock. Sein eigentlicher Name, den er freilich niemals geführt hat, den vielmehr schon einer seiner Vorfahren, nämlich der 1553 zu Hamburg verstorbene Pastor Joh. Aepinus, ablegte, war Huch, Huck oder Hoek, welchen dieser Mann der Sitte der Zeit gemäfs in **Aepinus** verwandeln zu müssen glaubte, von αἰπεινός oder αἰπύς hoch. **Aepinus** war anfangs Privatdocent in Rostock, dann Professor in Berlin und ging darauf nach Petersburg, wo er Professor der Physik, Mitglied der Akademie, Direktor des Kadettenkorps und Ober-Intendant der russischen Normalschulen ward. Zuletzt lebte er privatisirend in Dorpat, wo er 1802 starb. Sein Hauptwerk, um dessentwillen er am häufigsten und grade hier in der Elektricitätslehre genannt wird, ist: *Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi, Petrop. 1759.*

Wilke machte sich schon durch seine Inaugural-Dissertation *De electricitatibus contrariis, Rostoch. 1757* um die Elektricitätslehre verdient, indem er die von **Canton** beobachteten Erscheinungen folgerecht analysirte, und auf ihren Grund zurückbrachte. Er beobachtete: 1) dafs leichte isolirte Körper bei Annäherung eines elektrischen Körpers A von diesem angezogen werden, und nach Entfernung desselben wieder unelektrisch sind. 2) Wird während eines solchen Versuchs dem isolirten in der Atmosphäre von A befindlichen Körper B ein abgeleiteter Körper nahe gebracht, so wird auch dieser von B zuerst angezogen und dann abgestofsen. 3) Nähert man B, solange er unter dem Einflufs von A steht, eine Spitze, so ist B nach Ent-

fernung von A elektrisch, und hat die dem A entgegengesetzte Elektricität.

Aus diesen und ähnlichen Versuchen schliefst **Wilke**, dafs ein unelektrischer Körper B in der Atmosphäre eines elektrischen A die entgegengesetzte Elektricität des letzteren erhalte.

Aepinus wiederholte diese Versuche in der Weise, dafs er auf einen langen isolirten Leiter B, neben welchem nahe an dem einen Ende ein elektrisirter Körper A sich befand, ein kleines Gewicht an einer seidenen Schnur herabliefs. Zog er dies Gewicht in die Höhe, so ergab sich, dafs es von dem nach A hin liegenden Ende des Leiters eine mit A ungleichnamige, von dem abgewendeten Ende aber die mit A gleichnamige Elektricität empfangen hatte. Gestützt auf dergleichen Versuche sprach er sich nun entschieden gegen die elektrische Atmosphäre aus, die er höchstens bei Mitwirkung der Luft statuirte, und führte dafür den bezeichnenden Namen elektrischer Wirkungskreis ein [1].

Dies führte denn zu einer richtigen Ansicht von der Ladung der leydener Flasche, und beide Physiker wurden dadurch bei ihrer gemeinschaftlichen Untersuchung in Berlin zu einem Verfahren geleitet, auch eine Lufttafel in eben der Art zu laden, wie bisher gewöhnlich mit Glastafeln geschehen war. Sie überzogen zwei grofse Bretter mit Blech, und hingen diese einige Zoll weit getrennt, mit den breiten Seiten parallel, neben einander auf. Wurde nun das eine Brett positiv elektrisirt, so war das andere, entsprechend dem Versuch mit der Glastafel **Franklin**'s, allemal negativ elektrisch, und legte Jemand die eine Hand an das eine Brett und berührte mit der anderen Hand das andere, so erhielt er einen erschütternden Schlag, wie bei der leydener Flasche.

Da sich nun eine Lufttafel ebenso gut laden liefs wie eine Glastafel, so war damit **Franklin**'s Ansicht widerlegt,

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. V, 734. 735.

welcher glaubte, dafs die Ladungsfähigkeit einer Flasche oder Scheibe auf der besonderen Struktur des Glases beruhe und diesem eigenthümlich sei. Diese Eigenschaft, behauptete **Aepinus**, käme allen Nichtleitern zu, und er läugnete das Dasein elektrischer Atmosphären, die in Ausdünstungen aus elektrisirten Körpern bestehen. Er ist auch der Meinung, dafs der Schwefelgeruch und das Gefühl von Spinngewebe, welche ein elektrischer Körper verursacht, nichts weiter als die Empfindungen seien, welche aus der Wirkung des elektrisirten Körpers auf die elektrische Flüssigkeit in den Nasenlöchern oder den betreffenden Leibestheilen hervorgingen.[1])

Symmer's Theorie.

352. Unterdefs wurde in England von dem Esquire **Robert Symmer**, von dem man nichts weiter weifs als dafs er Mitglied der königlichen Gesellschaft war, im J. 1759 eine Reihe von Versuchen gemacht, von denen man buchstäblich sagen kann, dafs sie die Elektricität auf die Strümpfe brachten, denn die Untersuchung, welche den Fortschritten der Elektricitätslehre nicht unwesentlichen Vorschub leistete, wurde in der That mit seidenen Strümpfen angestellt. **Symmer** pflegte seidene Strümpfe zu tragen und zwar doppelte, weifse unten, schwarze darüber. Als er sie eines Abends auszog, vernahm er ein Geknister, und zugleich sah er im Dunkeln helle Funken herausfahren. Da er bald einsah, dafs die Erscheinung eine elektrische sein müsse, so wurde er veranlafst dieselbe näher zu untersuchen, und dabei fand er im Wesentlichen folgendes:

Wenn beide Strümpfe zugleich vom Fufse abgezogen wurden, so gaben sie keine Anzeigen von Elektricität, so wenig, wie wenn sie ruhig auf dem Fufse blieben. Sobald sie aber nacheinander abgezogen oder nach dem gleichzeitigen Ausziehen von einander getrennt wurden, waren sie stark elektrisch, und zwar in dem Grade, dafs sie auf-

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. V, 737, 739.

geblasen blieben, wie wenn der Fuſs noch darin steckte. Dabei fand zwischen denen von gleicher Farbe eine starke Abstoſsung statt, so daſs sie nahe an einander gehalten einen Winkel von 30 bis 35° bildeten, und die von ungleicher Farbe zeigten eben so starke Anziehung. Die weiſsen waren positiv, die schwarzen negativ elektrisch. Kamen die Strümpfe von ungleicher Farbe mit einander in Berührung, so verloren sie sogleich das Aufgeblasene, sie fielen zusammen, legten sich dicht an einander, und es war eine bedeutende Kraft erforderlich, um sie wieder zu trennen. Bei einem Versuche, wo etwas dicht gewebte Strümpfe angewandt und beide umgewendet wurden, um ihre rauhen Seiten in Berührung zu bringen, war zur Trennung der ungleichfarbigen eine Kraft von 15 Pfund erforderlich, 92 mal so viel als ein Strumpf wog.

Man kann sich leicht denken, daſs diese Versuche groſses Aufsehen erregten und vielfach wiederholt wurden, und will ich von den Wiederholungen nur die des Abbé **Nollet** hier erwähnen, da derselbe zeigte, daſs die Verschiedenheit der Farbe nur ein Nebenumstand sei, daſs die schwarzen Strümpfe ihr elektrisches Verhalten gegen die weiſsen der Behandlung der Seide mit Galläpfeldekokt verdanken. So auffallend indeſs die Symmer'schen Versuche auch waren, so lehrten sie doch im Grunde nichts wesentlich Neues, denn daſs beim Reiben zweier Körper an einander beide elektrisch werden, und zwar entgegengesetzt elektrisch, das hatte schon **Franklin** 1747 an zwei isolirten Personen dargethan (§ 344). **Wilke** hatte sogar in seiner *Dissertatio de electricitatibus contrariis 1757* diese Erfahrung zum allgemeinen Satz erhoben, und eine Reihe von Körpern aufgestellt, von denen jeder gegen die vorangehenden negativ und gegen die folgenden positiv sei. Diese erste elektrische Reihe war:

Glattes Glas	Papier
Wollenes Tuch	Siegellack
Federspulen	Rauhes Glas
Holz	Schwefel.

Um so merkwürdiger ist nun der Schlufs, den **Symmer** aus seinen Versuchen zieht, dafs es nämlich zwei entgegengesetzte elektrische Materien gebe, die in den Körpern, wenn sie im natürlichen Zustand sich befinden, gebunden seien, durch das Reiben aber getrennt würden, und noch merkwürdiger ist, dafs diese Ansicht, die schon 26 Jahre früher von **Dufay** aufgestellt ward (§ 336), aber seitdem ganz unbeachtet geblieben war, von nun an Eingang bei den Physikern fand, ungeachtet **Franklin** noch lebte und ungeachtet ein gleichzeitiger Physiker, der die Symmer'schen Versuche wiederholte, der Professor der Anatomie zu Turin **Giovanni Francesco Cigna** (1734—1790) schon die Bemerkung machte, dafs sich alles ebenso gut nach **Franklin**'s Theorie erklären lasse.

Symmer gab sich viele Mühe seine Theorie durch fernere Untersuchungen zu stützen, wozu ihm **Franklin** grofsmüthig genug sogar mit seinen Instrumenten behülflich war. Aber der einzige ziemlich schwache Beweis, den er auffinden konnte, und den er verschiedenartig modificirte, bestand in der Thatsache, dafs wenn man einen elektrischen Funken durch ein Buch Papier schlagen läfst, die Ränder des dadurch entstandenen Loches nach beiden Seiten ausgebogen sind. Dennoch wurde die Theorie, wie gesagt, beifällig aufgenommen, und im Lauf der Zeit trat ein namhafter Physiker nach dem andern zu der von **Symmer** wieder aufgefrischten Dufay'schen Theorie über. So u. A. **Torbern Bergman** in der Abhandlung *Versuche über an einander geriebene Glasflächen, Stockholm. Akademie 1765.* — **Kratzenstein** in *Vorlesungen über Experimental-Physik, 6. Aufl, 1787.* — **Karsten** in *Anleitung zur gemeinnützigen Kenntnifs der Natur 1783.* — **Lichtenberg**, der zuerst die Bezeichnung $+E$ und $-E$, positive und negative Elektricität einführte, und durch die von ihm im J. 1777 entdeckten Staubfiguren, Lichtenberg'sche Figuren, mit dazu beigetragen hat, der dualistischen Theorie Eingang zu verschaffen. — Selbst **Wilke**, der in seinen früheren Untersuchungen sich als ein eifriger Anhänger der unitarischen

oder Franklin'schen Theorie erwies, gab in seinen späteren Arbeiten 1762 und namentlich 1777 der Dufay'schen entschieden den Vorzug [1]), welche überall die Symmer'sche genannt und als solche verbreitet worden ist.

Wenn auch einige Naturforscher besonders unter den Engländern noch bei der Franklin'schen Theorie blieben, wie z. B. **Cavallo** in *A complete Treatise on Electr. 1777*, oder sich neutral verhielten wie **Priestley**, *History of electricity, London 1767, 1770*, so hat doch nach und nach die dualistische Theorie den vollständigsten Sieg über die unitarische davongetragen wegen der Leichtigkeit, mit der sie sich allen bisherigen Erfahrungen anschmiegen läfst, obwohl kein aufgeklärter Physiker heutigen Tages, wenn man ihn aufs Gewissen fragte, würde schwören mögen, dafs es wirklich zwei elektrische Flüssigkeiten gebe.

Priestley.

353. Der zuletzt genannte **Joseph Priestley** war geb. 1733 zu Fieldhead bei Leeds in Yorkshire als Sohn eines Tuchfabrikanten. Er war anfangs zum Kaufmannsstande bestimmt, aber eine religiöse Ueberspannung, die er von seiner Mutter geerbt zu haben scheint, trieb ihn zu den geistlichen Studien. Hätte er sich willig den Lehren der englischen Hochkirche gefügt, so würde er auf dieser Laufbahn wohl bald in den Hafen der Ruhe eingelaufen sein, aber sein skeptischer und streitsüchtiger Charakter verleitete ihn bald dahin, dafs er als offener Gegner der herrschenden Lehre auftrat. So konnte er es denn nur zum Prediger bei einigen dissentirenden Gemeinden bringen, in welchen er der unduldsamste Apostel des Socianismus ward, und hätte er nicht später an dem Lord Shelbourne, dem nachmaligen Marquis von Landsdown, der ihn zu seinem Kaplan annahm, einen grofsmüthigen Beschützer gefunden, so würde seine äufsere Lage noch mifslicher geworden sein als sie es war.

---

[1]) Schwedische Abhandlungen, XXXIX, S. 63.

Von der Zeit an, wo man ihm, freilich zum Glück für die Wissenschaft, die Stelle eines Kaplans bei der zweiten Expedition des Kapitän Cook seiner Ungläubigkeit wegen verweigerte, bis zu dem verhängnifsvollen Tage des 14. Juli 1791, wo der wüthende Pöbel in Birmingham, bei dem er als französischer Republikaner verketzert war, sein und seiner Freunde Häuser plünderte, und mit allem was darin war verbrannte, zeigt uns sein ganzes Leben eine Kette von Verfolgungen und Verdriefslichkeiten, die er sich freilich durch seine Streitsucht und Leidenschaftlichkeit selber zugezogen hatte.

Um eine Probe von dieser Leidenschaftlichkeit zu bekommen, mufs man die von ihm über sein Leben hinterlassenen Memoiren lesen. Es geschieht darin keiner einzigen Person Erwähnung, ohne dafs nicht ihre religiösen Ansichten mit erstaunlicher Genauigkeit abgewogen wären. Er hatte einen Freund, mit dem er sich gerne über Chemie unterhielt, der aber seine religiösen Ansichten nicht theilte. Nie sprachen sie über Religion mit einander, aber in Büchern und Broschüren, die sie miteinander wechselten, ergossen sie sich gegenseitig in der bittersten Galle.

Solch' einem heftigen und unduldsamen Charakter konnte es am Ende in seinem Vaterlande nicht mehr gefallen. Im J. 1794 wanderte er nach Nordamerika aus, und liefs sich dort in Pennsylvanien nieder, endlich unter dem Schutz des Präsidenten Jefferson in Ruhe lebend. Erst nach zehnjährigem Aufenthalt daselbst starb er am 6. Februar 1804, muthmafslich in Folge einer Vergiftung.

Obwohl Priestley wiederholt versichert, dafs er kein Chemiker sei und nichts von Chemie verstehe, so ist doch unbestreitbar, dafs seine chemischen Entdeckungen es sind, die seinen Namen verewigen. Bei seinen Untersuchungen über die Gasarten, deren Veröffentlichung er mit dem Werk: *Experiments and observations on different kinds of air, 3 vol., London 1774* begann, entdeckte er: Sauerstoffgas, Stickstoffoxyd, Kohlenoxyd, Ammoniakgas, schwefligsaures Gas, salzsaures Gas und Fluorsiliciumgas, und haben

diese namhaften Bereicherungen unserer Kenntnisse wesentlich zur Gründung der neueren Chemie beigetragen. Aber wie er selbst es nicht verstand aus diesem schätzbaren Material ein neues Gebäude aufzuführen, so blieb er auch, nachdem dieses von **Lavoisier** errichtet worden war, ein hartnäckiger Anhänger der alten Stahl'schen Lehre, und erhob sogar noch im J. 1800 seine Stimme zu Gunsten des längst als ein Hirngespinnst erkannten Phlogistons.

Ziemlich ähnlich ist sein Verhalten zur Physik und namentlich zur Elektricitätslehre, für die er durch die Bekanntschaft mit **Franklin** gewonnen ward. Verdanken wir ihm hier auch keine Entdeckung, die mit den chemischen in gleichen Rang gestellt werden könnte, so hat er doch eine grofse Anzahl vereinzelter Thatsachen beobachtet, die zu weiteren Forschungen anregten. Er untersuchte die Leitungsfähigkeit des glühenden Glases, ferner des Eises, aus welchem er, wenn es elektrisirt war, zolllange Funken zog, und entlud eine leydener Flasche durch die Flamme eines Lichtes [1]). Bemerkenswerth sind auch seine Beobachtungen über das elektrische Licht in Wasserstoffgas, und der nach ihm benannten Priestley'schen Ringe. Am nützlichsten hat er sich wohl durch seine *History and present state of electricity, Lond. 1767, additions 1770* gemacht, die ihm auch grofsen Ruf unter den Zeitgenossen brachte.

Elektrophor. Kondensator. Torsionswage.

354. Unter den Versuchen, die **Robert Symmer** anstellte, um seine Hypothese von zwei besonderen Elektricitäten zu unterstützen, befanden sich auch mehrere, bei denen er die Ladungserscheinungen verfolgte, die sich zeigen, wenn Glastafeln auf einer oder auf beiden Seiten belegt, in verschiedener Weise mit einander kombinirt werden [2]). **Symmer's** Beobachtungen veranlafsten den Pater **Beccaria** zu Turin im J. 1769 zu einer Arbeit, wobei er

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. V, 660, 663.
[2]) Ibid. V, 708 f.

Glastafeln mit abnehmbaren Belegen gebrauchte, und den Zustand derselben vor und nach der Entladung untersuchte. Dadurch kam er zu der sonderbaren Ansicht, dafs das Glas die Eigenschaft habe, anfangs Elektricität an die Belegung abzugeben, bei der Entladung aber aus dieser wieder zurückzunehmen. Dieses Verhalten der Elektricität zum Ladungsglase nannte **Beccaria** die sich selbst wiederherstellende Elektricität, eine Electricitas vindex.

Diese Electricitas vindex war es, die zuerst den grofsen Physiker auf die Bühne der Wissenschaft brachte, der später durch seine wichtigen Entdeckungen dem Studium der Elektricität einen nicht entfernt geahnten Impuls und Umfang geben sollte, **Alexander Volta** nämlich. Er läugnete, dafs ein erregter Isolator seine Elektricität bei der Verbindung mit einem Leiter an diesen abgebe, und bei der Trennung beider wieder ergriffe, und behauptete dagegen, dafs die Elektricitäten so lange, als sich die eine im Wirkungskreis der anderen befindet, im Gleichgewicht ständen oder unwirksam würden, d. h. einander bänden. Er zeigte dies durch einen auf eine geriebene Harzplatte gesetzten isolirten Leiter, und da Harzplatten die in ihnen erregte Elektricität sehr lange behalten, so führte ihn dies zur Konstruktion des Instruments, welchem er den Namen Elettroforo perpetuo gab.

Es war im December 1775, da **Volta** dieses für die Theorie und Praxis wichtige Instrument in einem Briefe an **Priestley** beschrieb[1]). Danach besteht es aus drei Haupttheilen: 1) aus einer runden Metallform mit aufstehendem Rand, dem Teller; 2) aus einer Scheibe von einer nichtleitenden Substanz, wie Glas, Harz, Schwefel u. dgl., Kuchen genannt; 3) aus einer an seidenen Schnüren hängenden Platte aus einem guten Leiter, einer Scheibe aus Blech oder mit Stanniol überzogenem Holz, die den Namen Deckel oder Schild erhalten hat. Teller und Deckel müssen möglichst glatt ohne Ecken sein, der Kuchen darf

---

[1]) Scelta di opuscoli interessanti, T. IX u. X, Milano 1775.

keine Risse und Blasen haben, er muſs mit dem Rand des Tellers gleich hoch sein, und über den aufgesetzten Deckel ringsum mindestens zollweit vorragen.[1])

Im Grunde genommen war der Elektrophor nichts Neues; alle die Erscheinungen, welche ein geriebener Harzkuchen darbietet, zeigen sich auch, nur schwächer, an einer elektrisirten Glastafel, und an einer solchen hatte unser Landsmann **Wilke** bereits 1762 alle die Eigenschaften aufgefunden, welche **Volta** von seinem Elektrophor angiebt[2]). Aber **Wilke** hatte nicht daran gedacht, darauf hin ein eigenes Instrument zu konstruiren, wie er dies selbst in einer späteren Abhandlung von 1777 sehr bescheiden eingesteht. Diese beiden Abhandlungen von **Wilke** sind übrigens noch heut zu Tage recht lesenswerth, da die Erscheinungen der geladenen Glastafel und des Elektrophors darin mit einer Gründlichkeit behandelt werden, wie man sie sonst nirgend findet. Namentlich gilt dies auch von der Widerlegung der Elektricitas vindex **Beccaria**'s, deren Unhaltbarkeit in allen Einzelheiten nachgewiesen wird.

Durch die bisherigen Arbeiten waren die Erscheinungen der elektrischen Ladung, Vertheilung und Mittheilung so weit aufgehellt, daſs es schien, als seien sie bereits erschöpft, und wirklich verstrich auch mehr als ein Lustrum, ohne daſs in der Kenntniſs derselben ein merklicher Fortschritt gemacht wurde. Erst 1783 erfolgte ein solcher, als **Volta** mit einer zweiten wichtigen Erfindung auftrat, mit der Erfindung des Kondensators, eines Instruments, das den Zweck hat sehr schwache Grade von Elektricität so zu verstärken, daſs sie merkbar werden; er beschrieb es im Journal de physique von 1783.

Volta, der sich schon früher mit Elektricitäts-Messungen beschäftigte und wie ich bereits angab, 1781 das Strohhalm-Elektrometer erfand (§ 349), dachte auch anderweitig an Mittel die Empfindlichkeit der elektrometrischen Instru-

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. VIII, 281, 283.
[2]) Schwed. Abhandlungen, Bd. XXIV.

mente zu erhöhen. Dahin gehört die Verbindung des Elektrometers mit einer Lichtflamme oder einem brennenden Schwefelfaden, beschrieben 1787 in einem seiner meteorologischen Briefe an **Lichtenberg**. Diese Anwendung der Lichtflamme erklärte zugleich, weshalb dieselbe in so hohem Grade die Fähigkeit besitzt elektrisirte Körper zu entladen, was **Priestley** und frühere Beobachter wohl bemerkt hatten, aber nicht erklären konnten oder zu erklären versuchten. **Horace Benedict Saussure** änderte die Volta'sche Vorrichtung dahin ab, daſs er statt der Lichtflamme glimmenden Zunder nahm, wodurch das Instrument noch geschickter wurde zu Beobachtungen im Freien.

Eine fernere Vervollkommnung des Elektrometers, auf welche **Volta** und **Bennet** 1787 gleichzeitig geriethen, ist die Verbindung des Kondensators mit dem Elektrometer. In demselben Jahr beschrieb auch **Bennet** seinen Duplikator, Elektricitätsverdoppler, als eine Vorrichtung um schwache Elektricitäten zu verstärken. Derselbe besteht aus drei Messingplatten *A*, *B*, *C*, von 3 bis 4 Zoll Durchmesser; die unterste *A* ist auf der oberen Seite, die oberste *C* auf ihrer unteren Seite mit einem dünnen Firniſs überzogen; die mittlere ist auf beiden Seiten, *A* und ebenso *C* auf der nicht gefirniſsten Seite polirt. Auſserdem lassen sich *B* und *C* mittelst isolirender Handhaben aufeinander legen und abheben. Zunächst wird *B* auf *A* gesetzt, dann der unteren Seite die zu prüfende Elektricität mitgetheilt, und verfahren wie bei einem Kondensator. Hierauf wird *B* abgehoben, *C* darauf gelegt, und beide wiederum wie ein Kondensator behandelt. Wäre die ursprünglich *A* mitgetheilte Elektricität z. B. positiv gewesen, so würde hiernach *B* negativ, *C* wieder positiv elektrisch sein. Die auf *C* befindliche Elektricität wird nun wieder wie zu Anfang *A* zugeführt, wodurch dessen Gehalt an Elektricität auf nahe das Doppelte gebracht wird, und durch Wiederholung des Ganzen erheblich verstärkt werden kann.

So sinnreich diese Vorrichtung auch ist, so waren ihre Angaben doch oft unzuverlässig; sie gab bei dem-

selben Verfahren entgegengesetzte Elektricitäten, und bei Mittheilung entgegengesetzter meist die zuerst angewandte Elektricität allein an. **Cavallo**, der auf diese Uebelstände aufmerksam machte, sahe als die Ursache davon die Firnifsschichten an, welche selbst Elektricität aufnehmen, behalten und dadurch stark auf das Resultat einwirken [1]). **Lichtenberg** verwarf daher selbst bei dem einfachen Kondensator den Firnifs, und schlug statt der Harzschicht eine Luftschicht vor.

355. So viel nun auch bereits für die Kenntnifs der elektrischen Erscheinungen geschehen war, so blieb doch für die Verknüpfung derselben durch eine genaue Theorie noch das beste, ja im Grunde alles zu thun übrig. **Aepinus** in seinem Tentamen theoriae electr. 1759, und später **Cavendish** in den Phil. Transact. 1771 hatten zwar versucht eine mathematische Theorie der Elektricität aufzustellen, aber es fehlte ihnen doch an der Basis dazu, an genauen numerischen Daten zur Prüfung derselben. Es fehlte nicht allein an zuverlässigen Messungen, sondern auch an einer guten Methode dazu. Man hatte keine anderen Mefswerkzeuge als die sogenannten Elektrometer, die aber ihrem Namen sehr unvollkommen entsprechen. Diese grofse Lücke wurde zuerst durch **Coulomb** ausgefüllt.

Charles Augustin Coulomb war geb. 1736 zu Angoulème. Er kam sehr jung nach Paris und zeigte bald eine entschiedene Vorliebe für die Mathematik, aber verschiedene Umstände hinderten sich ganz dieser Wissenschaft zu widmen; er trat vielmehr als Ingenieur ins Militär, und ging als solcher nach den französischen Kolonien in Westindien. Neun Jahre verweilte er dort, und führte die Oberaufsicht über mehrere öffentliche Bauten, bis seine durch das Klima geschwächte Gesundheit seine Rückkehr nach Europa nöthig machte. Nachdem diese erfolgt war, begann er bald darauf wissenschaftliche Arbeiten zu machen, die er von Zeit zu Zeit der pariser Akademie mittheilte.

---

[1]) Fischer, Gesch. d. Phys. VIII, 403.

Im J. 1779 betheiligte er sich mit **van Swinden** an dem Preis, welchen die Akademie auf die beste Konstruktion des Schiffskompasses ausgesetzt hatte, und zwei Jahre später 1781 erhielt er den Preis für seine Abhandlung über die Theorie der einfachen Maschinen, eine wichtige Arbeit, worin er auf die Reibung der Theile und die Steifigkeit der Stricke Rücksicht nahm.

In demselben Jahre 1781 wurde **Coulomb** Mitglied der pariser Akademie, und er rechtfertigte die auf ihn gefallene Wahl sehr bald durch die schöne Abhandlung: *Recherches théoriques et expérimentales sur la force de torsion et sur l'élasticité des fils de métal, Mém. de Paris 1784.* Diese Arbeit, auf welche er durch seine Beschäftigung mit dem Schiffskompaſs geführt worden war, ist besonders wegen ihrer Anwendungen von der gröſsten Wichtigkeit, sie führte ihn u. A. auf die Erfindung jenes zarten Instruments, das seit seiner Zeit überall gebraucht wird um schwache Kräfte mit Genauigkeit zu messen, auf die Torsionswage.

An dieser Wage werden magnetische und elektrische Kräfte durch die Drehung eines feinen Metalldrahts gemessen, der in der Axe eines hohen Glascylinders hängt. Im Wesentlichen ist die ursprüngliche Einrichtung folgende: Den Glascylinder bedeckt eine Platte, in deren Mitte sich ein Metallstab dreht, welcher unten in eine Klemme zur Befestigung des Drahtes ausgeht, oben aber mit einem Zeiger versehen ist. Dieser läuft über eine auf der Platte befindliche Kreistheilung und giebt den Betrag der Drehung in Graden an, wenn man den Draht mittelst des Stabes dreht. In dem unteren Ende des Drahtes hängt genau wagerecht ein möglichst leichter Hebel aus Gummilack mit einem Hollundermarkkügelchen an dem einen Ende; ein zweites Hollundermarkkügelchen ist auf einem nicht leitenden Träger befestigt, und so gestellt, daſs es das erste berührt, wenn der Draht ohne Drehung ist. In der Horizontalebene dieser Kügelchen geht eine Kreistheilung um den Glascylinder, deren Nullpunkt bei dem festen Kügelchen

ist. Vor Beginn des Versuches müssen Hebel und Zeiger auf Null der Theilung zeigen und die Kügelchen sich berühren. Sobald diese aber elektrisch gemacht sind, stofsen sie sich ab und drehen den Hebel sammt dem Drahte. Wird nun der letztere oben durch den Zeiger in entgegengesetzter Richtung tordirt, und dadurch die Annäherung beider Kügelchen bewirkt, so kann man aus der Gröfse beider Drehungen das Verhältnifs zwischen der elektrischen Kraft und der Elasticität des Drahtes sehr genau feststellen.

Es ist später erwiesen, dafs ein Engländer **John Michell**, derselbe, welcher die von **Cavendish** 1798 ins Werk gesetzte Methode zur Bestimmung der mittleren Dichte der Erde erfand, schon vorher die Idee der Torsionswage hatte und auch anwandte, um den präsumirten Stofs der Sonnenstrahlen zu messen. Aber als **Coulomb** seine Abhandlung publicirte, war davon noch nichts bekannt, und aufserdem hat **Coulomb** zuerst das Wirkungsgesetz dieses Instruments nachgewiesen, ohne welches gar keine Anwendung davon gemacht werden könnte. Er zeigte, dafs diese Kraft

$$F = \mu w \frac{r^4}{l}$$

sei, wenn r der Radius des tordirten Drahtes, l dessen Länge, μ ein für die verschiedenen Substanzen verschiedener Koëfficient und w der Drehungswinkel ist.

Was nun die Anwendung betrifft, die **Coulomb** von der Torsionswage machte, so ist sie es grade, weshalb ich diesen ausgezeichneten Physiker hier nennen mufs. In sieben Abhandlungen in den pariser Memoiren von 1785 bis 1789 bestimmte er mittelst dieses Instruments die Gesetze der elektrischen Anziehung und Abstofsung, sowie die der Vertheilung der Elektricität auf Leitern mit einer Sorgfalt und Genauigkeit, die noch bis jetzt als ein unübertroffenes Vorbild dastehn.

Als Hauptresultate dieser seiner Untersuchung kann man die folgenden ansehen:

1) Es giebt zwei elektrische Fluida, eine positive und eine negative Elektricität.

2) Die Theilchen einer jeden dieser Flüssigkeiten stoſsen einander ab.

3) Die Theilchen der einen ziehen die der anderen an.

4) Die Anziehungen und Abstoſsungen geschehen im umgekehrten Verhältniſs des Quadrats der Entfernungen.

5) Das elektrische Fluidum verbreitet sich auf Leitern nicht in Folge einer chemischen Affinität, sondern vertheilt sich unter ihnen nach ihrer Gestalt und Lage lediglich vermöge seiner Repulsivkraft.

6) Bei Leitern verbreitet sich das elektrische Fluidum nur auf der Oberfläche, ohne in das Innere einzudringen.

7) Bei Isolatoren dringt es dagegen auch ins Innere.

8) Das elektrische Fluidum bildet keine Atmosphäre um die Körper, sondern die elektrischen Attraktionen und Repulsionen geschehen durch eine actio in distans des Fluidums, welches sich an oder in den Körpern befindet.

9) Im natürlichen Zustand sind beide Elektricitäten vereint in den Körpern und können daher keine Wirkung ausüben, sie werden indeſs getrennt durch das Reiben zweier Körper an einander, von denen der eine die positive, der andere die negative aufnimmt.

Coulomb's Arbeiten bilden gleichsam den Schluſsstein der Untersuchungen über die Erscheinungen der statischen Elektricität, nicht allein für das XVIII., sondern auch weit hinein in das XIX. Jahrhundert. Auf sie gestützt hat **Poisson** im J. 1811 und 1824 seine tiefen analytischen Untersuchungen über die Vertheilung der Elektricität auf Leitern unternommen, die zwar bis jetzt unsere Kenntniſs von der Natur dieses räthselhaften Wesens nicht erweitert haben, dennoch aber für die weitere Forschung in dieser Richtung von groſser Wichtigkeit sind.

Coulomb hat nach jener seinen Namen verewigenden Epoche noch lange gelebt und für die Wissenschaft gewirkt. In den Stürmen der Revolution, wo bekanntlich

auch die Akademie aufgelöst wurde, verliefs er Paris und zog sich auf ein kleines Besitzthum bei Blois zurück. Nach Wiederherstelluug der Akademie unter dem Namen des Instituts nahm er seinen früheren Platz wieder ein, und füllte ihn auch würdig aus, indem er im J. 1800 noch zwei Abhandlungen lieferte, über den Magnetismus und über die Kohäsion der Flüssigkeiten, welche denselben Grad von Gediegenheit besitzen, die alle seine Arbeiten auszeichnet.

Er starb zu Paris am 23. August 1806 im 70. Lebensjahr an Entkräftung, tief betrauert von Allen, die ihm näher standen, und in ihm auch den Mann von biederem Charakter hochachteten.

Quellen der Elektricität.

356. Nach **Coulomb**'s Arbeiten trat, wie schon gesagt, in der Erforschung der statischen Elektricität eine lange Pause ein, während welcher auf diesem Gebiet kein erheblicher Fortschritt gemacht wurde. Ebenso blieben die bisher beobachteten Eigenschaften der dynamischen Elektricität, ihre Licht- und Wärmeerzeugung, sowie ihre physiologischen selbst magnetischen Wirkungen, wenn auch merkwürdige, doch vereinzelte Thatsachen. Wir wollen daher diese Pause benutzen um einen Blick auf die Erweiterungen zu werfen, welche die Elektricitätslehre unterdefs nach anderen Richtungen erfuhr, und zwar zunächst durch die Auffindung neuer Elektricitätsquellen.

Bis zu **Franklin** kannte man nur eine solche Quelle, das Reiben; er fügte die zweite hinzu die Atmosphäre, die natürliche Elektricität. Unser Landsmann **Wilke** entdeckte 1757 eine dritte, welche er die freiwillige nannte, Electricitas spontanea, die beim Erstarren geschmolzener Substanzen entstehende Elektricität, die aber möglicherweise auch nur einem Reiben der Theilchen an einander ihren Ursprung verdankt. Er entdeckte sie, indem er Schwefel, Lack und andere Substanzen in Gefäfsen von verschiedenem Material schmolz und erkalten liefs, während er sie ableitend berührte. In Glasgefäfsen geschmolzen

erwies sich Schwefel nach dem Erkalten negativ, das Glas positiv, besonders, wenn es mit Metall überzogen war. Ebenso verhielt sich Lack in Glas, aber in einem Gefäfs von Schwefel war der Lack positiv und der Schwefel negativ. Schon **Dufay** soll ähnliches beobachtet haben [1]).

Eine vierte Elektricitätsquelle bot der Turmalin dar (§ 13). Wenn derjenige, welcher diesen Krystall zuerst für einen elektrischen ausgab, als Entdecker der Elektricität desselben angesehen werden könnte, so hätte der grofse Naturhistoriker **Linné** den ältesten Anspruch darauf, denn er nannte den Turmalin schon 1747 in der Vorrede zu seiner Flora ceylanica: Lapis electricus. Aus welchem Grunde er ihn aber so nannte, sagt er nicht, vermuthlich aber aus keinem besseren als dem, aus welchem er gemeiniglich ceylanischer Magnet genannt wurde, nachdem **Lemery** 1717 die Wirkungen desselben in der pariser Akademie gezeigt hatte. Beide Benennungen entsprangen offenbar aus einer dunklen Ahnung bei der äufseren Aehnlichkeit der Erscheinungen am Turmalin mit denen elektrisirter oder magnetisirter Körper, ohne dafs darum Elektricität oder Magnetismus im Geringsten am Turmalin nachgewiesen war. Dafs es sich wirklich so verhielt, geht am besten daraus hervor, dafs weder **Lemery** noch **Linné** wufsten, welche Bedingungen zum Auftreten der auffallenden Wirkung des Turmalins erforderlich waren.

Erst **Aepinus** wies 1757 nach, dafs die Erscheinungen beim Turmalin auf einer Elektricitätsentwicklung beruhen, und er mufs daher als Entdecker dieser Elektricitätsquelle angesehen werden. Er machte diese Entdeckung in Berlin als auch **Wilke** daselbst war, und mit ihm in einem Hause wohnte. Den Turmalin, der beiden noch unbekannt war, erhielt **Aepinus** vom Bergrath **Lehmann**, einem geschickten Metallurgen, der später 1761 ebenfalls einem Rufe nach Petersburg folgte, und dort 1767 durch das Zerspringen eines mit Arsenik gefüllten Tiegels starb.

---

[1]) Priestley, Gesch. d. Elektr. S. 147, 808; Schwed. Abhandl. XXVIII, S. 102.

Von **Lehmann** erfuhr **Aepinus**, dafs der Turmalin auf glimmende Kohlen gelegt die Eigenschaft erlange, leichte Körper anzuziehen und bald darauf wieder abzustofsen. Dies veranlafste ihn zu einer näheren Untersuchung, die ihn zu dem Resultate führte:

1) dafs der Turmalin, wenn er auf beiden Seiten gleich warm sei, keine Elektricität zeige;

2) dafs er sich aber elektrisch erweise, wenn ein Ende wärmer ist als das andere;

3) das die Enden entgegengesetzte Elektricitäten zeigen, und das Auftreten dieser Elektricitäten an gewisse, unveränderliche Punkte des Krystalls gebunden sei; kurz, dafs der Krystall elektrische Pole habe oder bekomme.

Bei späteren Versuchen fand **Aepinus** auch noch, dafs wenn man den Turmalin durchschneide, die Stücke ebenfalls polarisch sind, wie es bei einem Magneten der Fall ist.

Unterdefs hatten auch **Wilson** in London und der Herzog von **Noya Caraffa** in Paris Turmaline bekommen, und beide machten durch die Arbeit von **Aepinus** angeregt im J. 1759 Untersuchungen, welche im Allgemeinen die Beobachtungen von **Aepinus** bestätigten, in Einzelheiten aber auch von ihnen abwichen. Diese Abweichungen und Widersprüche wurden indefs bald darauf 1766 gehoben durch eine Abhandlung von **Torbern Bergman**, wodurch wir zuerst eine richtige Kenntnifs von dem elektrischen Verhalten des Turmalins erhielten[1]). Er zeigte, dafs es nicht die Wärme, die Temperatur an sich sei, welche den Turmalin elektrisch mache, sondern die Temperaturveränderung, das Erwärmen und Erkalten, und dafs beim Erwärmen der eine Pol positiv, der andere negativ werde, beim Erkalten aber an denselben Polen das Umgekehrte erfolge. Dadurch erklärte er namentlich, wie **Wilson** gleiche Elektricität an beiden Polen beobachten konnte, da sich bei seinem Verfahren der eine Pol erwärmte, der andere abkühlte.

---

[1]) Schwed. Abhandl. XXVIII, S. 58, 1766.

Kurz darauf wurden diese Eigenschaften durch **Wilke** weiter bestätigt und genauer untersucht[1]). Es zeigte sich auch bald, daſs der Turmalin nicht ganz allein mit der merkwürdigen elektrischen Kraft begabt sei, sondern daſs auch andere Krystalle dieselbe besitzen. **Wilson** fand sie 1759 am brasilianischen Smaragd, **Canton** 1760 am brasilianischen Topas, und zu diesen wurde dann zu Anfang dieses Jahrhunderts von dem berühmten Mineralogen **Hauy** noch eine groſse Anzahl anderer elektrischer Krystalle entdeckt.

357. Eine fünfte Elektricitätsquelle lernte man im Laufe des XVIII. Jahrhunderts am lebenden thierischen Organismus kennen, an einigen Fischen: dem Zitterrochen Raja Torpedo, dem Zitteraal Gymnotus electricus, und dem Zitterwels Silurus electricus.

Der Zitterrochen, der in den Meeren des südlichen Europas lebt, war wegen der Lage dieser Gewässer der erste, an dem man die merkwürdige Eigenschaft entdeckte einen erschütternden Schlag geben zu können. Schon **Réaumur** spricht davon in den Mém. de Paris 1714, aber er ist noch weit entfernt davon in diesem Schlag einen elektrischen zu erkennen, vielmehr hielt er ihn für einen rein mechanischen, hervorgebracht durch eine sehr schnelle Muskelbewegung des Fisches. Nach und nach fing man an, in diesen Schlägen Elektricität zu vermuthen, zumal man auch durch Reisende von den ungleich kräftigeren Erschütterungen hörte, die der in Surinam lebende Zitteraal zu geben im Stande ist. Allein es blieb eine bloſse Vermuthung, und selbst die beiden schon in ihrer Gestalt so wesentlich verschiedenen Fische, der Torpedo und Gymnotus, wurden häufig miteinander verwechselt. **Musschenbroek** und selbst **Priestley** machten zwischen beiden noch nicht den gehörigen Unterschied.

Erst einem Engländer Dr. **John Walsh** verdankt man den Nachweis, daſs die Schläge des Torpedo elektrischer

[1]) Schwed. Abhandlungen XXVIII, 95; XXX, 1, 1768.

Natur seien, und zwar durch eine Reihe von Versuchen, die er im Sommer 1772 zu La Rochelle anstellte, und in den Philos. Transact. 1773 veröffentlichte. Er leitete den Schlag durch 4 und durch 8 Personen, zeigte, daſs man, um ihn zu bekommen, den Fisch an der Ober- und Unterseite berühren müsse, daſs er in der Luft stärker als im Wasser sei, und daſs er nicht erfolge, wenn Lack oder Glas im Schlieſsungsbogen ist. Die Versuche von **Walsh** wurden bald durch **Ingenhouss**, **Spallanzani** und Anderen bestätigt, und der Anatom **John Hunter** zeigte auch, daſs dieser Fisch zur Elektricitätserregung ein besonderes sehr komplicirtes Organ besitze.[1])

Den Silurus electricus, der im Nil und einigen anderen afrikanischen Flüssen lebt, lernte man zuerst durch den Franzosen **Broussonet** näher kennen, obwohl ihn schon der Schwede **Forskal** auf seiner Reise in Aegypten und Arabien in den Jahren 1761 bis 1763 gesehen und unvollkommen beschrieben hatte. Der Silurus electricus ist bisher am wenigsten untersucht, viel besser kennt man den Torpedo und den Gymnotus, besonders seitdem dieselben mehrfach lebend nach Europa, namentlich nach Paris und London, gebracht sind.

Die Erscheinungen dieser animalischen Elektricität liegen bis jetzt noch in groſser Dunkelheit, ungeachtet von **Cavendish** an, der sich bemühte, die Wirkung des Torpedo durch elektrische Flaschen nachzuahmen[2]), bis auf den heutigen Tag vielfache Versuche zu ihrer Aufklärung gemacht sind.

Galvanismus.

358. Zu den fünf bisher genannten Elektricitätsquellen sollte nun gegen Ende des XVIII. Jahrhunderts eine sechste aufgefunden werden, von welcher es sich im Laufe weniger Jahre zeigte, daſs sie an Ergiebigkeit alle früheren über-

---

[1]) J. Hunter, Philos. Transact. 1773.
[2]) Philos. Transact. 1776.

traf. Diese höchst wichtige Entdeckung war in ihren ersten Anfängen lediglich das Werk des Zufalls, welcher, wie überhaupt in den Erfahrungswissenschaften, so auch speciell in der Geschichte der Elektricitätslehre mehr als einmal eine grofse Rolle gespielt hat und überall immer spielen wird, sowie er nur dem rechten Mann in die Hände fällt, der ihn mit Geist zu benutzen versteht.

Solch ein Mann war **Aloys Galvani**, Professor der Anatomie und Geburtshülfe an der Universität zu Bologna. Seine Gattin litt an einem Brustübel und die Aerzte hatten ihr dagegen eine Brühe aus Froschschenkeln verordnet, wozu **Galvani**, im Anatomiren geübt und aus zärtlicher Sorgfalt für seine Frau, die Frösche selber zu enthäuten und zu präpariren pflegte. Eines Abends nun, wo dergleichen präparirte Frösche auf seinem Tische lagen, wollte es der Zufall, dafs der Gehülfe die Spitze des Skalpells an die Kruralnerven brachte, und zugleich eine andere Person ganz ohne alle Absicht eine im Zimmer befindliche Elektrisirmaschine drehte, und Funken aus deren Konduktor zog. Augenblicklich erfolgten heftige Zuckungen des Froschpräparats.

Galvani hatte eben das Zimmer verlassen, aber seine Gattin befand sich noch darin, und sie war es eben, welche die Bemerkung machte, dafs der Frosch jedesmal zuckte, wenn ein Funke aus dem Konduktor gezogen ward. Sie eilte hinaus zu ihrem Mann, um ihm die seltsame Beobachtung zu überbringen. **Galvani** kehrte sogleich zurück, überzeugte sich von der Richtigkeit der Thatsache, und legte sich von nun an mit grofsem Eifer auf die weitere Verfolgung derselben, da er in ihr die Bestätigung einer alten Lieblingshypothese von einer den Thieren eigenen Elektricität zu erblicken glaubte.

So wurde er u. A. auch dahin geführt zu untersuchen, ob die atmosphärische Elektricität wohl ähnlich auf das Froschpräparat wirke wie der Funke aus dem Konduktor der Maschine. Bei Gewittern fand er dies bestätigt; jeder Blitz versetzte den präparirten Frosch in Zuckungen, da-

gegen wirkte ein bloſses Wetterleuchten, oder die unsichtbare nur mit dem Elektrometer wahrzunehmende Schwankung der Luft-Elektricität, gegen seine Vermuthung gar nicht.

Zu diesen Versuchen hatte er die Frösche im Freien an dem eisernen Geländer des Balkons seiner Wohnung aufgehängt, und zwar mittelst eines Drahtes, der in das Rückenmark gesteckt und wahrscheinlich in einen herabhängenden Bindfaden gehakt war. Einst hatte er mehrere Frösche in dieser Weise aufgehängt, um ihre Zuckungen zu beobachten, aber wie lange er auch wartete, es zeigte sich nichts. Des langen Harrens endlich müde, bog er ganz absichtslos, und das ist abermals ein Zufall bei seiner groſsen Entdeckung, den in das Rückenmark gesteckten Metalldraht gegen das Eisengeländer, so daſs ein metallischer Bogen das Rückenmark mit den äuſseren das Eisen berührenden Muskeln in Verbindung setzte. Jetzt erfolgten nun wieder Zuckungen, von denen er sich bald überzeugte, daſs sie mit der atmosphärischen Elektricität in gar keinem Zusammenhange standen. Er wiederholte nun die Versuche im Zimmer, belegte die Organe des Froschpräparats mit Metallplatten verschiedener Art, und konnte somit die Zuckungen nach Belieben hervorbringen.

In solcher Weise kam die groſse Entdeckung auf die Welt, deren Inbegriff man seitdem mit dem Namen Galvanismus belegt hat, und die **Galvani** selbst unter dem Titel: *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius* in den Comment. Acad. scient. Bonon. 1791 bekannt machte. Als Jahr der Entdeckung wird allgemein das Jahr 1790 angenommen. Zwar hat man später zu beweisen gesucht, daſs **Galvani** bereits seit 1780 Versuche mit Fröschen in elektrischer Hinsicht angestellt habe, allein die Richtigkeit der vorhin gegebenen Erzählung, die zu ihrer Zeit eine Stadtsage in Bologna war, und welche die Franzosen **Alibert** und **Sue** noch durch Privatnachrichten ergänzt haben, ist dadurch nicht widerlegt. Es erschien sogar in Bologna ein Sonett an **Galvani**, worin das Ver-

dienst der Entdeckung lediglich seiner Frau **Lucia Galeazzi** zugeschrieben wird:

Sie wars, nicht Du, die neue Lebenstriebe
In hautentblößter Frösche Gliedern fand.

Es ist freilich nachgewiesen, daſs die Froschzuckungen in Beisein von Elektricität längst vor **Galvani** beobachtet worden sind, daſs in Bologna selbst ein Mitglied des dortigen Instituts **Caldani** bereits am 15. Nov. 1756 eine Abhandlung darüber vorlas; allein alles dieses kann **Galvani's** Verdienst, selbst wenn er darum gewuſst haben sollte, was keineswegs erwiesen ist, durchaus nicht schmälern. Ihm bleibt immer das groſse Verdienst die Wichtigkeit der Thatsache anerkannt und sie zur Geltung in der Wissenschaft gebracht zu haben, und grade der Weg, den er dazu einschlug, hat wesentlich dazu beigetragen, die Augen der wissenschaftlichen Welt auf seine Entdeckung hinzulenken.

Sein Apparat bestand, wie wir sahen, aus einem Froschschenkel und einem Metallbogen. Wo liegt der Ursprung der Elektricität, welche die Zuckungen hervorbringt, das war natürlich die erste und wichtigste Frage, die **Galvani** beschäftigte; liegt die Ursache im Frosch oder im Metall? Gegenwärtig wissen wir, daſs die Elektricitätsquelle in beiden liegt, und demnach seine groſse Entdeckung eine doppelte war.

Galvani auf seinem Standpunkt als Arzt und Anatom entschied sich für die erste Alternative, daſs der Sitz der Elektricitätserregung im Froschschenkel zu suchen sei, daſs dieser gleichsam eine geladene Flasche vorstelle, welche nur durch den Metallbogen entladen werde. Alle seine späteren Versuche haben nur den Zweck diese Flaschentheorie zu unterstützen, und dadurch das Dasein der thierischen Elektricität zu erweisen, die bei den elektrischen Fischen so mächtig entwickelt ist. Die dadurch angeregte Hoffnung, den Weg zur Beantwortung der innersten Fragen des Lebens gefunden zu haben, war es vor Allem, die nicht nur **Galvani** sondern die Mehrzahl der Physiker

und Physiologen des ganzen Europas für die Sache begeisterte, und zahllose Wiederholungen der Fundamentalversuche hervorrief.

Selbst **Volta**, schon damals eine grofse Autorität unter den Physikern, ging anfangs auf die Vorstellungen seines Landsmannes ein, aber nach kurzer Zeit erkannte sein scharfer und geübter Blick, dafs dieselben nicht das Wesentlichste der neuen Erscheinung getroffen hatten. Geleitet zunächst durch **Galvani**'s eigene Beobachtung der stärkeren Wirkung eines aus zwei Metallen zusammengesetzten Bogens, entwickelte sich bald in ihm bei der ferneren Untersuchung die Ansicht, dafs die Quelle der Elektricität in dem Froschversuch alleinig in dem Metallbogen liege. Er ist darin, wie wir jetzt wissen, zu weit gegangen, aber seine Ansicht war die fruchtbarere, die folgenreichere; sie mufste erst durchgearbeitet werden, ehe daran gedacht werden konnte den Ideen **Galvani**'s nachzugehen.

Galvani vermochte mittelst seiner Theorie keine neuen Thatsachen von Erheblichkeit aufzufinden, **Volta** dagegen hatte in der seinigen ein Werkzeug, welches ihn schon innerhalb weniger Jahre eine wichtige Entdeckung nach der andern machen liefs, zuletzt als glänzendste von allen im J. 1800 die Konstruktion desjenigen Apparats, welcher noch gegenwärtig seinen Namen trägt, und für ihn das ruhmvollste Denkmal geworden ist.

Volta's Säule, welche die Elektricität in Form kontinuirlicher Ströme, und zwar zuerst kennen lehrte, hat ein Feld der Untersuchung aufgeschlossen so grofs und originell, wie es bis dahin die Physik noch nicht gesehen hatte. Sie bildet den würdigen Schlufs der grofsen Reihe von Entdeckungen und Erfindungen, welche das achtzehnte Jahrhundert dem neunzehnten zum Vorbild und zur Nacheiferung hinterlassen hat.

Register.

A.

B.

D.

F.

I.

L.

N.

Q.

R.

S.

U.

V.

W.

A. W. Schade's Buchdruckerei (L. Schade) in Berlin, Stallschreiberstr. 47.



